

NUTRIÇÃO HUMANA

Prof.º Roseane Leandra da Rosa



Indaial – 2020

1ª Edição



Copyright © UNIASSELVI 2020

Elaboração:

Prof.^a Roseane Leandra da Rosa

Revisão, Diagramação e Produção:

Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI

Ficha catalográfica elaborada na fonte pela Biblioteca Dante Alighieri
UNIASSELVI – Indaial.

R788n

Rosa, Roseane Leandra da

Nutrição humana. / Roseane Leandra da Rosa. – Indaial:
UNIASSELVI, 2020.

199 p.; il.

ISBN 978-85-515-0439-0

1. Nutrição. - Brasil. Centro Universitário Leonardo Da Vinci.

CDD 612.3

APRESENTAÇÃO



Olá, acadêmico, seja bem-vindo à disciplina de Nutrição Humana! Este livro didático tem como propósito auxiliar você no processo de aprendizagem da Ciência da Nutrição, que envolve diferentes conceitos e dinamismo.

Este livro didático servirá como guia para você, futuro nutricionista, saber como proceder em um atendimento em consultório, clínica, hospital e academia, adquirindo os conhecimentos necessários para diferenciar os macronutrientes, compreender a amplitude dos micronutrientes, benefícios e interações dos alimentos até realizar cálculos de cardápios.

O livro está dividido em três unidades, cada qual com objetivos, conteúdos, atividades de estudo, dicas, sugestões e recomendações.

Na primeira unidade, será abordado uma breve introdução sobre a Nutrição Humana e revisaremos o Guia Alimentar Brasileiro e de outras culturas, principalmente os americanos que deram origem ao nosso. O que os possibilitará visualizar a influência norte americana no nosso hábito e em nossas diretrizes, refletindo sobre a generalização de padrões de referência usados na nossa literatura. Além disso, visitará os cálculos utilizados para conhecer as necessidades energéticas individuais, de acordo com a idade, sexo e altura.

Na segunda unidade, você aprofundará os conhecimentos referentes aos macronutrientes, carboidratos, proteínas e lipídios. Suas fontes alimentares, funções no organismo, digestibilidade, recomendações de consumo e participação de cada um nas dietas, ditas da “moda”.

Já na terceira unidade será possível conhecer um pouco mais do magnífico mundo da nutrição. Além de rever os micronutrientes e suas subdivisões, poderá compreender suas funções no organismo e a especificidade de cada um, abordando suas possíveis interações durante o caminho pelo nosso trato digestório. Também, identificará quem são os alimentos conhecidos hoje como funcionais e quais suas ações para serem denominados dessa forma.

Desejamos uma ótima leitura!

Prof^a. Roseane Leandra da Rosa



Você já me conhece das outras disciplinas? Não? É calouro? Enfim, tanto para você que está chegando agora à UNIASSELVI quanto para você que já é veterano, há novidades em nosso material.

Na Educação a Distância, o livro impresso, entregue a todos os acadêmicos desde 2005, é o material base da disciplina. A partir de 2017, nossos livros estão de visual novo, com um formato mais prático, que cabe na bolsa e facilita a leitura.

O conteúdo continua na íntegra, mas a estrutura interna foi aperfeiçoada com nova diagramação no texto, aproveitando ao máximo o espaço da página, o que também contribui para diminuir a extração de árvores para produção de folhas de papel, por exemplo.

Assim, a UNIASSELVI, preocupando-se com o impacto de nossas ações sobre o ambiente, apresenta também este livro no formato digital. Assim, você, acadêmico, tem a possibilidade de estudá-lo com versatilidade nas telas do celular, tablet ou computador.

Eu mesmo, UNI, ganhei um novo layout, você me verá frequentemente e surgirei para apresentar dicas de vídeos e outras fontes de conhecimento que complementam o assunto em questão.

Todos esses ajustes foram pensados a partir de relatos que recebemos nas pesquisas institucionais sobre os materiais impressos, para que você, nossa maior prioridade, possa continuar seus estudos com um material de qualidade.

Aproveite o momento para convidá-lo para um bate-papo sobre o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE.

Bons estudos!



Olá acadêmico! Para melhorar a qualidade dos materiais ofertados a você e dinamizar ainda mais os seus estudos, a Uniasselvi disponibiliza materiais que possuem o código *QR Code*, que é um código que permite que você acesse um conteúdo interativo relacionado ao tema que você está estudando. Para utilizar essa ferramenta, acesse as lojas de aplicativos e baixe um leitor de *QR Code*. Depois, é só aproveitar mais essa facilidade para aprimorar seus estudos!



BATE SOBRE O PAPO ENADE!



Olá, acadêmico!

Você já ouviu falar sobre o **ENADE**?

Se ainda não ouviu falar nada sobre o ENADE, agora você receberá algumas informações sobre o tema.

Ouviu falar? Ótimo, este informativo reforçará o que você já sabe e poderá lhe trazer novidades.



Vamos lá!

Qual é o significado da expressão ENADE?

EXAME NACIONAL DE DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Em algum momento de sua vida acadêmica você precisará fazer a prova ENADE.



Que prova é essa?

É **obrigatória**, organizada pelo INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Quem determina que esta prova é obrigatória... O **MEC – Ministério da Educação**.

O objetivo do MEC com esta prova é o de avaliar seu desempenho acadêmico assim como a qualidade do seu curso.



Fique atento! Quem não participa da prova fica impedido de se formar e não pode retirar o diploma de conclusão do curso até regularizar sua situação junto ao MEC.

Não se preocupe porque a partir de hoje nós estaremos auxiliando você nesta caminhada.

Você receberá outros informativos como este, complementando as orientações e esclarecendo suas dúvidas.



Você tem uma trilha de aprendizagem do ENADE, receberá e-mails, SMS, seu tutor e os profissionais do polo também estarão orientados.

Participará de webconferências entre outras tantas atividades para que esteja preparado para #mandar bem na prova ENADE.

Nós aqui no NEAD e também a equipe no polo estamos com você para vencermos este desafio.

Conte sempre com a gente, para juntos mandarmos bem no ENADE!





Olá, acadêmico! Iniciamos agora mais uma disciplina e com ela um novo conhecimento.

Com o objetivo de enriquecer seu conhecimento, construímos, além do livro que está em suas mãos, uma rica trilha de aprendizagem, por meio dela você terá contato com o vídeo da disciplina, o objeto de aprendizagem, materiais complementares, entre outros, todos pensados e construídos na intenção de auxiliar seu crescimento.

Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.



SUMÁRIO

UNIDADE 1 – A CIÊNCIA DA NUTRIÇÃO	1
TÓPICO 1 – NUTRIÇÃO HUMANA E DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DIETÉTICO	3
1 INTRODUÇÃO	3
2 NUTRIÇÃO HUMANA	5
2.1 HISTÓRIA DA NUTRIÇÃO	5
3 DIRETRIZES INTERNACIONAIS E NACIONAIS	16
RESUMO DO TÓPICO 1	23
AUTOATIVIDADE	24
TÓPICO 2 – INGESTÃO DIETÉTICA RECOMENDADA	25
1 INTRODUÇÃO	25
2 RECOMENDAÇÃO DE INGESTÃO DIETÉTICA DIÁRIA (EAR, RDA, AI, UL)	26
2.1 DEFINIÇÕES DAS DRIs: EAR, RDA, AI e UL	27
2.2 AVALIAÇÃO DE INDIVÍDUOS E DE GRUPOS: UTILIZAÇÃO DAS DRIs	29
2.3 MINIMIZANDO ERROS POTENCIAIS NA AVALIAÇÃO DE INGESTÃO INDIVIDUAL DE GRUPOS	31
3 ADEQUAÇÃO APARENTE DE NUTRIENTES	32
RESUMO DO TÓPICO 2	43
AUTOATIVIDADE	44
TÓPICO 3 – NECESSIDADES ENERGÉTICAS	45
1 INTRODUÇÃO	45
2 COMPONENTES DO GASTO ENERGÉTICO	45
2.1 MEDIÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO	50
3 ESTIMATIVAS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS	52
3.1 ESTIMATIVAS DA TAXA METABÓLICA BASAL E DE REPOUSO	52
3.2 ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO	53
LEITURA COMPLEMENTAR	56
RESUMO DO TÓPICO 3	57
AUTOATIVIDADE	58
UNIDADE 2 – MACRONUTRIENTES	61
TÓPICO 1 – CARBOIDRATOS E FIBRAS	63
1 INTRODUÇÃO	63
2 CARBOIDRATOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES	63
2.1 MONOSSACARÍDEOS	65
2.2 DISSACARÍDEOS	67
2.3 OLIGOSSACARÍDEOS	68
2.4 POLISSACARÍDEOS	69
2.4.1 Homopolissacarídeos	69

2.4.2 Heteropolissacarídeos	71
2.5 CLASSIFICAÇÃO FISIOLÓGICA DOS CARBOIDRATOS.....	72
3 FONTES ALIMENTARES, ASPECTOS FISIOLÓGICOS, NECESSIDADES DIÁRIAS	73
3.1 FONTES ALIMENTARES.....	73
3.2 ASPECTOS FISIOLÓGICOS.....	73
3.2.1 Absorção.....	75
3.2.2 Metabolismo	77
3.2.3 Homeostase da glicose.....	78
4 FIBRAS ALIMENTARES	81
LEITURA COMPLEMENTAR.....	87
RESUMO DO TÓPICO 1.....	90
AUTOATIVIDADE	91
TÓPICO 2 – PROTEÍNAS.....	93
1 INTRODUÇÃO	93
2 AMINOÁCIDOS.....	93
3 FUNÇÕES E FONTES ALIMENTARES.....	98
4 DIGESTIBILIDADE.....	100
4.1 ABSORÇÃO INTESTINAL.....	102
4.2 METABOLISMO PROTEICO	104
4.2.1 Síntese proteica	105
4.2.2 Catabolismo das proteínas: Ciclo da Ureia.....	106
5 RECOMENDAÇÕES DE CONSUMO	107
RESUMO DO TÓPICO 2.....	110
AUTOATIVIDADE	111
TÓPICO 3 – LIPÍDIOS.....	113
1 INTRODUÇÃO	113
2 LIPÍDIOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES.....	113
2.1 ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS E INSATURADOS	115
2.2 ÁCIDOS GRAXOS TRANS	116
2.3 TRIGLICERÍDEOS.....	117
2.4 FOSFOLIPÍDIOS	118
2.5 ESFINGOLIPÍDIOS, ALCOÓIS, CERAS, ISOPRENOIDES E ESTEROIDES	118
3 LIPOPROTEÍNAS.....	119
4 FUNÇÕES E FONTES ALIMENTARES.....	120
5 DIGESTÃO E ABSORÇÃO	121
RESUMO DO TÓPICO 3.....	125
AUTOATIVIDADE	127
UNIDADE 3 – NUTRIÇÃO HUMANA.....	129
TÓPICO 1 – VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS	131
1 INTRODUÇÃO	131
2 VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS	131
2.1 TIPOS DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS.....	133
2.1.1 Vitamina C.....	133
2.1.1.1 Absorção, transporte, armazenamento	135
2.1.1.2 Funções	135
2.1.1.3 Ingestão dietética de referência	136
2.1.1.4 Sintomas de deficiência e toxicidade.....	136
2.1.2 Tiamina.....	136
2.1.2.1 Absorção, transporte e armazenamento	137

2.1.2.2 Funções	138
2.1.2.3 Ingestão dietética de referência	138
2.1.2.4 Deficiência e toxicidade	138
2.1.3 Riboflavina	139
2.1.3.1 Absorção, transporte e armazenamento	140
2.1.3.2 Funções	141
2.1.3.3 Ingestão dietética de referência	141
2.1.3.4 Deficiência e toxicidade	141
2.1.4 Niacina	142
2.1.4.1 Biossíntese, absorção, transporte e armazenamento	143
2.1.4.2 Funções	143
2.1.4.3 Ingestões dietéticas de referência	144
2.1.4.4 Deficiência e toxicidade	144
2.1.5 Ácido pantotênico.....	144
2.1.5.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento	145
2.1.5.2 Funções	145
2.1.5.3 Dose diária recomendada	146
2.1.5.4 Deficiência e toxicidade	146
2.1.6 Vitamina B ₆	147
2.1.6.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento	147
2.1.6.2 Funções	148
2.1.6.3 Dose diária recomendada	148
2.1.6.4 Deficiência e toxicidade	149
2.1.7 Biotina.....	149
2.1.7.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento	150
2.1.7.2 Funções	150
2.1.7.3 Ingestão dietética de referência.....	151
2.1.7.4 Deficiência e toxicidade	151
2.1.8 Folato	151
2.1.8.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento	153
2.1.8.2 Funções	153
2.1.8.3 Ingestão dietética de referência.....	154
2.1.8.4 Deficiência e toxicidade	154
2.1.9 Vitamina B ₁₂	155
2.1.9.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento	156
2.1.9.2 Funções	157
2.1.9.3 Ingestão dietética de referência.....	157
2.1.9.4 Deficiência e toxicidade	157
RESUMO DO TÓPICO 1.....	159
AUTOATIVIDADE	160
TÓPICO 2 – VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS.....	161
1 INTRODUÇÃO	161
2 VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS.....	161
2.1 VITAMINA A	161
2.1.1 Absorção, transporte e armazenamento	162
2.1.2 Funções	163
2.1.3 Ingestão dietética de referência.....	164
2.1.4 Deficiência e toxicidade	164
2.2 VITAMINA D	165
2.2.1 Absorção, transporte e armazenamento	166
2.2.2 Funções	166
2.2.3 Ingestões dietéticas de referências.....	167
2.2.4 Deficiência e toxicidade	167
2.3 VITAMINA E.....	167
2.3.1 Absorção, transporte e armazenamento.....	169

2.3.2 Funções	170
2.3.3 Ingestões dietéticas de referência	170
2.3.4 Deficiência e toxicidade	170
2.4 VITAMINA K	171
2.4.1 Absorção, transporte e armazenamento.....	172
2.4.2 Funções	172
2.4.3 Ingestões dietéticas de referência	172
2.4.4 Deficiência e toxicidade	173
RESUMO DO TÓPICO 2.....	175
AUTOATIVIDADE	176
TÓPICO 3 – MINERAIS E ÁGUA	177
1 INTRODUÇÃO	177
2 MINERAIS	177
2.1 FERRO	178
2.2 ZINCO	179
2.3 IODO.....	179
2.4 SELÊNIO	179
2.5 COBRE.....	180
2.6 MANGANÊS	180
2.7 FLÚOR.....	180
2.8 CROMO.....	180
2.9 MOLIBDÊNIO.....	181
3 ÁGUA E ELETRÓLITOS (MACROMINERAIS).....	181
3.1 INGESTÃO HÍDRICA.....	182
3.2 EQUILÍBRIO HIDROELETROLÍTICO E MACRONUTRIENTES.....	184
3.2.1 SÓDIO	185
3.2.2 CLORETO	186
3.2.3 POTÁSSIO	186
3.2.4 CÁLCIO	186
3.2.5 FÓSFORO	187
3.2.6 MAGNÉSIO.....	188
3.2.7 ENXOFRE	188
LEITURA COMPLEMENTAR.....	189
RESUMO DO TÓPICO 3.....	190
AUTOATIVIDADE	191
REFERÊNCIAS.....	193

A CIÊNCIA DA NUTRIÇÃO

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você será capaz de:

- compreender as diretrizes que norteiam os princípios para uma alimentação equilibrada;
- conhecer os princípios das diretrizes internacionais que orientam o consumo de macro e micronutrientes;
- reconhecer as variáveis que devem ser utilizadas para indivíduos e coletividades, na avaliação e prescrição de cardápios;
- calcular as necessidades energéticas de acordo com a individualidade e especificidade de cada paciente/cliente.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – NUTRIÇÃO HUMANA E DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DIETÉTICO

TÓPICO 2 – INGESTÃO DIETÉTICA RECOMENDADA

TÓPICO 3 – NECESSIDADES ENERGÉTICAS



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.



NUTRIÇÃO HUMANA E DIRETRIZES PARA PLANEJAMENTO DIETÉTICO

1 INTRODUÇÃO

Caro acadêmico! Você conhece o guia alimentar para a população brasileira? Já viu ou ouviu falar da pirâmide alimentar americana e/ou australiana? Sabe de onde é originada a nossa pirâmide alimentar e as diretrizes para o planejamento dietético?

Antes de chegarmos nessa discussão mais aprofundada das pirâmides e diretrizes, vamos voltar um pouquinho e rever o conceito de alimento e de que são compostos? Como você conceituaria o alimento e sua importância na vida do indivíduo e na sociedade?

O alimento é uma substância responsável por fornecer energia e nutrientes construtores essenciais para o desenvolvimento do organismo humano. Para que o alimento seja realmente absorvido, é necessário que ele passe por um processo que denominamos metabolismo, o alimento é mastigado, digerido, “quebrado”, absorvido e então transportado para as nossas células, ao final, eliminados pela pele, urina e fezes. Esse processo de metabolismo envolve o catabolismo e o anabolismo, sendo o catabolismo, a lise (quebra) dos nutrientes e anabolismo, a construção de novas substâncias como células, enzimas e hormônios.

Essas etapas descrevem o extraordinário funcionamento do corpo humano, envolvido na conversão de muitos alimentos complexos em nutrientes simples prontos para serem utilizados. É importante ressaltarmos que os alimentos são envolvidos por diferentes características, incluindo cor, forma, textura e sabor, além de outros fatores relevantes, os psicossociais (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Conforme veremos mais à frente no Tópico 2, as proteínas, gorduras, carboidratos e os macronutrientes contribuem para as necessidades energéticas. A liberação de energia para uso na síntese, movimento e outras funções exigem a participação de vitaminas e minerais, conhecidos como micronutrientes, que atuam como coenzimas, catalisadores e tampões no organismo.

A nutrição é muito importante em todos os ciclos da vida. Os profissionais da saúde têm reconhecido há algum tempo os efeitos de uma nutrição adequada desde a gestação até a terceira idade, com destaque para a nutrição materna e paterna, que antes da concepção afetam a saúde do neonato, de maneira bem

significativa, influenciando até a vida adulta desse indivíduo. Além disso, dos conceitos biológicos do alimento, tem-se discutido muito nos dias de hoje, a atitude e o comportamento alimentar. Já ouviu falar sobre isso?

O termo “comportamento alimentar” é utilizado para expressar todo tipo de conceito teórico na área da alimentação, por exemplo: consumo, modo de comer, onde se come e como se come. Em uma abordagem ampla na nutrição, tem-se como objetivo que o paciente ou cliente alcance adequação ou melhora em diferentes aspectos, como no consumo dos alimentos, na estrutura das refeições, nos comportamentos frente ao alimento, bem como a relação que ele estabelece com o alimento, os quais se comunicam indiscutivelmente. A atitude alimentar aborda, mais diretamente, a relação do indivíduo com o alimento e sua dieta, a qual permite compreender e prever os comportamentos (ALVARENGA; FIGUEIREDO; TIMERMAN, 2015).

Para finalizar essa discussão, ressalta-se também, no mundo da nutrição, a saúde pública, que tem como objetivo ser proativa e direcionada às necessidades da comunidade, promovendo segurança alimentar e nutricional, com abordagem dos fatores de risco relacionados à obesidade. Mais adiante, na disciplina de Políticas Públicas de Segurança Alimentar e Nutricional, você poderá observar todos os detalhes que envolvem a saúde pública, porém, neste momento, o destaque será para a disciplina de Nutrição Humana, nos deteremos à abordagem que esta área da nutrição realiza, a qual é denominada epidemiológica, ou seja, baseada na população, sendo a prevenção primária (promoção da saúde), prevenção secundária (redução de risco) e prevenção terciária (tratamento e reabilitação) (PHILIPPI, 2008). Também vale lembrar da importância da participação da comunidade na atuação do profissional nutricionista nos serviços de alimentação e nutrição.



As pesquisas de nutrição e saúde, nos âmbitos federais e estaduais, são fontes de dados básicas, são úteis para o fornecimento de informações sobre o consumo dietético da população, a adequação na oferta de alimentos, a economia do consumo de alimentos e os efeitos dos programas de assistência alimentar e reguladores. Destaca-se que as diretrizes públicas para seleção de alimentos, como as Diretrizes Dietéticas para Norte-Americanos são baseadas nessas pesquisas (MAHAN; ESCOTT-ESTUMP, 2011).

Você deve estar se perguntado: como a pirâmide alimentar se encaixa nesse contexto? Podemos responder: em tudo! As pirâmides alimentares são elementos gráficos que buscam nortear o consumo alimentar, baseados em estudos científicos de como a população se estabelece, se alimenta, se desenvolve e adoce. Fornecem informações à população com objetivo de promover qualidade de vida e hábitos alimentares saudáveis, sendo dividida em grupos alimentares, de acordo com a função de cada nutriente (FAO/WHO, 1996; PHILIPPI, 2008).

Os guias alimentares, em paralelo às pirâmides alimentares, são cada vez mais divulgados orientando a população a incluir alimentos variados, em quantidades e proporções adequadas, sendo que o guia anterior a 2014 orientava o número de porções de cada grupo de alimentos a ser ingerido diariamente (PHILIPPI, 2008).

A pirâmide, por sua vez, é uma forma ilustrativa e prática de transmitir as orientações para uma dieta alimentar saudável. Sendo originada através de pesquisas científicas realizadas desde 1893, culminando na primeira Pirâmide Alimentar Brasileira adaptada, elaborada em 1999, pela pesquisadora da USP, professora Sonia Tucunduva Philippi. Discutiremos mais sobre isso no próximo tópico.

Nesse sentido, vamos nos direcionar para os próximos itens a serem discutidos, a Nutrição Humana e as diretrizes/pirâmide alimentares que norteiam o consumo alimentar no Brasil e no mundo de forma mais específica.

2 NUTRIÇÃO HUMANA

A Nutrição Humana é uma parte da ciência da nutrição, multifacetada e complexa que é útil para mostrar como as substâncias existentes nos alimentos e como nos fornecem a nutrição essencial para a manutenção da vida. Nesse contexto, para compreender a nutrição, é importante que se faça uma abordagem holística, desde a biologia até o contexto social (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).

2.1 HISTÓRIA DA NUTRIÇÃO

Há milhões de anos atrás, a busca por alimentos deu um ponta pé no desenvolvimento dos seres humanos em relação à alimentação. A organização da sociedade, as guerras mundiais, a expansão urbana, a economia, o sistema social, a política, a religião, a ciência, a medicina, o desenvolvimento industrial, tudo influenciou ou foi influenciado pela alimentação (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).

Na segunda metade do século XVIII, a nutrição viveu seu primeiro renascimento, pois foi o momento em que cientistas e médicos perceberam que doenças poderiam acontecer pela falta dos nutrientes que eram fornecidos pelo alimento. E passaram não apenas a rever as doenças instaladas, mas também a se atentar à proteção e restauração dos sistemas, melhorando as respostas do organismo frente a desequilíbrios com a alimentação (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).

Há apenas 50 anos atrás, na década de 80, é que foi o segundo renascimento da alimentação, e, infelizmente, nesse momento, com a percepção de que os problemas globais de insegurança alimentar e desnutrição não haviam sido vencidos com os conhecimentos prévios. Desvia-se, então, a nutrição apenas do paradigma clínico, voltando o olhar ao paradigma psicossocial (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).

Hoje, a evolução da nutrição é tão significativa que a nível genético já é aceitável que os nutrientes direcionem uma alteração fenotípica do genótipo, influenciando de maneira positiva ou negativa nos processos de transcrição ou tradução genética. Deixando um pouco mais claro, em outras palavras, que os nutrientes, provenientes da nossa alimentação, podem influenciar de maneira significativa a expressão genética dos indivíduos. Por exemplo: o micronutriente ferro induz ao aumento da tradução para a síntese de ferritina (estocagem do ferro) (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).



Fenótipo é um importante conceito adotado em genética e costuma ser definido como o conjunto de características observáveis de um organismo, nesse conjunto as características morfológicas e fisiológicas de um indivíduo. Então, o que determina o fenótipo? O fenótipo nada mais é que a totalidade das características observáveis de um indivíduo, as quais são determinadas pelo conjunto de nossos genes. Diante disso, podemos dizer que o fenótipo é a expressão do genótipo. Entretanto, é importante salientar que o fenótipo não é determinado apenas pelos genes, sofrendo influência também do meio no qual esteja inserido um indivíduo. Costuma-se resumir a relação entre genótipo e fenótipo da seguinte forma:

$$\text{Genótipo} + \text{Ambiente} \longrightarrow \text{Fenótipo}$$

Um exemplo fácil de ser compreendido em relação ao fenótipo é a cor da nossa pele. Imagine que uma pessoa apresente pele clara, mas, após alguns dias na praia, verifica-se o seu escurecimento por causa da produção de melanina. A cor de pele clara foi determinada geneticamente, entretanto, seu tom é influenciado pelo meio, nesse caso, pela exposição ao sol na praia.

FONTE: SANTOS, V. S. dos. **O que é fenótipo?** 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-fenotipo.htm>. Acesso em: 7 jul. 2019.

Falando em nutrientes, vamos voltar um pouquinho e lembrar como são distinguidos: macronutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) são os nutrientes que necessitamos consumir em maior quantidade (em gramas) e que nos fornecem energia (calorias). Por sua vez, os micronutrientes (vitaminas e minerais) são os nutrientes que necessitamos em menor quantidade (normalmente em miligramas) e que não nos fornecem energia, mas atuam diretamente em muitas atividades do organismo e são essenciais, pois nosso corpo não tem capacidade de sintetizá-los.

Os nutrientes têm uma grande importância devido a sua atuação como substratos e cofatores em todas as reações metabólicas, necessárias ao crescimento e desenvolvimento (produção de hormônios, sistema imunológico, crescimento dos cabelos, unhas, pele). Você já viu em anatomofisiologia que o sangue

circulante é o que traz os nutrientes e o oxigênio para as células, bem como move os resíduos metabólicos e substâncias nocivas para serem excretados através da pele, da urina e das fezes. Por isso, nesse momento, é importante darmos destaque ao corpo humano, no qual as diferentes funções dos órgãos asseguram a excreção ou a captação dos nutrientes do ambiente externo e os transferem para o sangue, sendo liberados no ambiente interno. O sistema digestório ganha destaque pois é o responsável pela ingestão, digestão e absorção dessas substâncias nutritivas, enquanto o sistema respiratório extrai oxigênio do ar. Tais funções também são orientadas pelo sistema endócrino e nervoso central em resposta à composição do sangue e necessidade das células (GIBNEY; VORSTER; KOK, 2005).

A partir dessas informações, refletimos em como está elaborada a pirâmide alimentar, a sua divisão e quem iniciou essa proposta de ícones na nutrição. Atwater, em 1983, foi o precursor no que diz respeito a destacar a importância de guias alimentares para a orientação da população, para que cada indivíduo tivesse o conhecimento para selecionar os alimentos para consumo. Desde essa data, várias foram as formas de propostas para os guias e com diferentes formatos de apresentação, sendo sempre destacado a necessidade de atualização das informações mediante novas concepções alimentares (PHILIPPI, 2008).

Os guias alimentares são as diretrizes formuladas em políticas de alimentação e nutrição, com propósito de promover a saúde, estado nutricional adequado e uma melhor qualidade de vida das populações de cada país, respeitando os hábitos e disponibilidade de alimentos de cada região (PHILIPPI, 2008).



Entende-se por qualidade de vida aquilo que é bom, desejável, saudável e recompensador, nas áreas pessoal, social, afetiva e profissional, tornando-se necessário a integração entre todas as áreas, sendo a alimentação saudável uma condição essencial para a promoção da saúde (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Quanto às representações gráficas, elas podem contribuir para melhor divulgação, entendimento e adesão, podendo representar um facilitador da transmissão do conteúdo científico.

Ao redor do mundo, essas representações gráficas também são utilizadas, por exemplo: o Canadá tem como representação um arco-íris; a Guatemala, um pote de cerâmica; o México e a Austrália, a roda dos alimentos; a Argentina, uma forma helicoidal, o Chile, a Alemanha, a Tailândia, os Estados Unidos, e o Brasil

têm como representação a pirâmide. Em sua maioria, orientam quanto aos grupos alimentares, mas também direcionam para a prática de exercício físico, ingestão de líquidos e hábitos de higiene (PHILIPPI, 2008; PERES, 2018).

A Roda dos Alimentos já foi usada pelo Brasil como representação gráfica dos guias alimentares. Oriunda dos Estados Unidos, a Roda dos Alimentos foi tida como ineficaz, em 1980, não sendo bem aceita pela população e possibilitando diferentes interpretações quanto à hierarquia no consumo. Ela trazia os alimentos divididos de acordo com sua função: construtores (fontes de proteína), reguladores (fontes de vitaminas e minerais) e energéticos (fontes de carboidratos e lipídios).

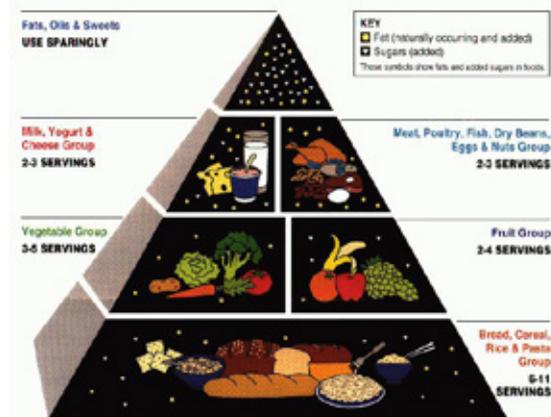
FIGURA 1 – RODA DOS ALIMENTOS



FONTE: <http://1.bp.blogspot.com/_Mz8ozpDdEdQ/S21ZH6dynSI/AAAAAAAAABw/a63e5JRA6e4/s400/roda+de+alimentos.jpg>. Acesso em: 5 set. 2019.

Em 1974, no Brasil, foi publicado pelo Instituto de Saúde, da Secretaria do Estado de São Paulo, recomendações para que a Roda dos Alimentos fosse dividida em seis grupos alimentares, já demonstrando a tendência, evidenciada em 1990, com a publicação do Guia Alimentar Americano, e em 1992 com a United States Department of Agriculture, assumindo como representação gráfica a Pirâmide Alimentar (PHILIPPI, 2008).

FIGURA 2 – PIRÂMIDE ALIMENTAR AMERICANA 1992



FONTE: <https://outraspalavras.net/ojioeotrigo/wp-content/uploads/2018/07/piramide_eua.gif>. Acesso em: 5 set. 2019.

Logo após, com a aceitação da pirâmide americana, representada na figura anterior, a pesquisadora Sonia Tucunduva Philippi adaptou a americana e propôs o mesmo ícone representativo ao Brasil, conforme a figura representada a seguir.

FIGURA 3 – PIRÂMIDE ALIMENTAR BRASILEIRA ADAPTADA



FONTE: Philippi, Szarfarc e Latterza (1996, s.p.)

Nossa primeira pirâmide alimentar foi baseada no planejamento de três dietas com diferentes valores energéticos: 1600 kcal, 2200 kcal e 2800 kcal e organizada com oito grupos de alimentos e o número de porções dos diferentes grupos foram estabelecidos, com medidas usuais fatia, copo, unidade e em gramas.

Cabe destacar que as medidas usuais também foram pensadas para estipular as kcal de cada porção, e então foi estabelecido uma média entre o valor energético dos alimentos do grupo. Posteriormente, foram utilizadas porções estimadas dos alimentos para determinar o valor energético total (VET) da dieta e para distribuição das refeições, também foram estipuladas seis refeições diárias (café da manhã, lanche, almoço, lanche da tarde, jantar e ceia).

Em relação à distribuição energética por refeição, ficou assim determinado: café da manhã: 25% do VET; lanche da manhã: 5% do VET; almoço: 35% do VET; lanche da tarde: 5% do VET; jantar: 25% do VET e a ceia: 5% do VET (PHILIPPI, 2008).

Os dados utilizados para o cálculo das três dietas foram obtidos do banco de dados do software Virtual Nutri. As porções foram estabelecidas de acordo com o total de energia de cada grupo e cada refeição, sendo respeitado o mínimo e o máximo de refeições ao dia (PHILIPPI, 2008). A seguir, listam-se os grupos alimentares e o número de porções recomendadas para consumo:

- Arroz, pães, massa, batata, mandioca: 5 a 9 porções (150kcal/porção).
- Verduras e legumes: 4 a 5 porções (35kcal/porção).
- Frutas: 3 a 5 porções (35kcal/porção).
- Carnes e ovos: 1 a 2 porções (190kcal/porção).
- Leite, queijo e iogurte: 3 porções (120kcal/porção).
- Feijões: 1 porção (55kcal/porção)*.
- Óleos e gorduras: 1 a 2 porções (55kcal/porção).
- Açúcares e doces: 1 a 2 porções (55kcal/porção).

* Atualmente, no grupo dos feijões, estão inseridas as oleaginosas além das leguminosas.

Comparando as pirâmides brasileira e americana, podemos perceber várias adaptações na brasileira. Primeiramente, foram incluídas na pirâmide brasileira alimentos regionais e o número de porções alteradas, posteriormente, devido às frutas, legumes e verduras serem comuns na dieta e acessíveis à população brasileira, as porções foram aumentadas. Além disso, se observarmos as carnes, ovos e leguminosas representam apenas um grupo na pirâmide americana, já na brasileira, devido ao consumo dos feijões serem comuns na alimentação, optou-se por colocá-los em um grupo a parte. Também podemos considerar não ser tão correto estarem em um mesmo grupo, já que a biodisponibilidade de aminoácidos essenciais dessas fontes alimentares é diferente.



O hábito de consumir arroz e feijão diariamente é benéfico e deve ser na proporção de duas partes de arroz para uma de feijão. Já os alimentos como óleos e gorduras, açúcares e doces, devem ter o seu consumo reduzido, pois estão presentes na forma natural ou adicionado a diferentes preparações que consumimos ao longo de um dia. Nesse sentido, um alerta que se faz em relação às porções dos grupos alimentares é que devemos lembrar de contabilizá-los em preparações culinárias, como uma lasanha de quatro queijos, onde poderiam ser contabilizados o grupo das massas e do leite e derivados, por exemplo (PHILIPPI, 2008).

Alguns anos após a publicação da primeira pirâmide alimentar brasileira, a professora Sonia Tucunduva Philippi adaptou mais uma vez a pirâmide, a qual foi publicada em 2006, com base em uma dieta de 2000 kcal e em direção ao guia alimentar do Ministério da Saúde, publicado em 2005/2006.

Foram mantidos os oito grupos alimentares, seus equivalentes em kcal e medidas usuais. As alterações foram mais voltadas ao número de porções, por exemplo: as frutas, as verduras e os legumes tiveram suas porções estabelecidas em três ao dia, e estabelecido uma média de kcal em 70 por porção desses

grupos. Além disso, foram fixadas porções para o grupo do arroz, massa, batata e mandioca e carnes e ovos, não possuindo mais variância de x até x porções (PHILIPPI, 2008). Segue os números de porções por grupos alimentares:

- Arroz, pão, massa, batata e mandioca: 6 porções (150 kcal/porção).
- Frutas: 3 porções (70 kcal/porção).
- Legumes e verduras: 3 porções (15 kcal/porção).
- Carnes e ovos: 1 porção (190 kcal/porção).
- Leite, queijo e iogurte: 3 porções (120 kcal/porção).
- Feijões: 1 porção (55kcal/porção).
- Óleos e gorduras: 1 porção (73 kcal/porção).
- Açúcares e doces: 1 porção (110 kcal/porção).

A dieta de 2000 kcal representaria em macronutrientes: 17% de proteína, 59% de carboidratos e 24% de lipídios. O peso em gramas de frutas, legumes e verduras totalizou, aproximadamente, 690 g, lembrando que são preconizados 400 g/dia como prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (PHILIPPI, 2008).

FIGURA 4 – PIRÂMIDE ALIMENTAR BRASILEIRA (2006)



Fonte: Philippi, ST. Nutrição e técnica dietética. 2. ed. Barueri, Manole, 2006, p. 42.

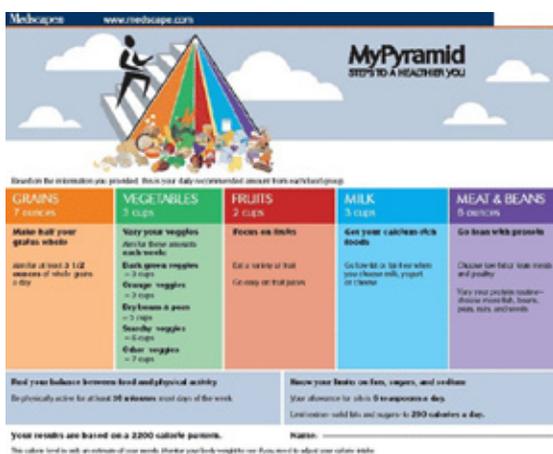
FONTE: Philippi (2006, p. 47)

A pirâmide alimentar americana não permaneceu estática, vimos a primeira versão, e após muitos estudos e discussões dos governantes dos EUA foi lançada a *MyPyramid*. Em vista do aumento do número de pessoas obesas e das comorbidades associadas, o Departamento de Agricultura americano criou uma página na qual os americanos poderiam acessar, colocar seus dados e receber uma orientação nutricional individualizada. O símbolo *MyPyramid* é simples e

não fornece detalhes de orientação de dieta; é preciso usar MyPyramid.gov ou imprimir materiais para orientação dietética específica, o que acabou direcionando a uma população específica, com acesso a aparelhos eletrônicos e internet.

No MyPyramid.gov os indivíduos inseriam idade, sexo e nível de atividade física para receber um plano de dieta personalizado. Ao clicar em “dicas” ao lado de cada grupo de alimentos, os usuários liam sobre os alimentos em cada grupo de alimentos, as descrições do tamanho da porção, os benefícios de saúde atribuídos ao grupo de alimentos (JOHNSTON, 2005).

FIGURA 5 – MYPYRAMID (2005)



FONTE: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1681673/bin/0703_508174-f02.jpg>. Acesso em: 6 set. 2019.



De acordo com o colunista João Peres, quando a MyPyramid foi lançada não faltaram pesquisadores gritando: “Parem as máquinas! A pirâmide já fez muitos estragos”. Carol S. Johnston, professora de Nutrição da Universidade do Arizona, afirmou já em 2005 que a pirâmide revisada continuava a não diferenciar gorduras saturadas de insaturadas, e não alertava que o excesso de carboidratos é nocivo. Para ela, sem uma mudança nas políticas agrícolas, a pirâmide não teria como dar conta da epidemia de obesidade.

Meir J. S. e Walter C. W., professores de Saúde Pública de Harvard, consideram um erro ter acreditado que as pessoas fariam por conta própria uma diferenciação de tipos de gordura e avaliam que a adoção de uma fórmula genérica se mostrou altamente problemática. A nova pirâmide continuava a dar pouca atenção ao açúcar e aos refrigerantes, e não fazia distinção entre as carnes. Além disso, era imprudente continuar recomendando um alto consumo de laticios. Por fim, cobraram que o USDA (Departamento de agricultura dos EUA) deixasse de fazer orientações nutricionais oficiais, que deveriam ser repassadas a algum órgão menos sujeito a pressões econômicas.

O cardiologista Sylvan Lee Weinberg, que era do Hospital do Coração de Daytona, nos EUA, defendeu em artigo de 2014 que é tempo de parar com a recomendação de uma dieta alta em carboidrato. Para ele, a pirâmide pode ter desempenhado um papel negativo na epidemia de obesidade e doenças crônicas.

Um grupo de pesquisadores da Universidade de Boston e da Escola de Saúde Pública de Harvard comparou a aplicação prática das pirâmides de 1992 e de 2005. A conclusão é de que o ícone revisado funcionava melhor em termos de obtenção de 16 nutrientes, mas ainda era fraco em termos de vitamina E, potássio, e de alta ingestão de sódio.

E esse é um dos problemas desse paradigma: você pode isolar N nutrientes e promover diversas pesquisas: sempre ficará faltando ou sobrando alguma coisa. Quanto mais se mexe, mais difícil fica. Imagine uma pessoa que decide aplicar isso na prática. Não é trivial.

Em 2011 os Estados Unidos aposentaram a pirâmide e criaram o *MyPlate*. O lobby dos produtores de lácteos continuou lá, com a orientação de que as pessoas tomassem um copinho de leite em meio às refeições.

FONTE: <<https://outraspalavras.net/ojoioetrigo/2018/08/apos-26-anos-de-trabalho-piramide-dos-alimentos-nao-quer-se-aposentar/>>. Acesso em: 6 set. 2019.

Apesar de muita discussão ter sido gerada com a *MyPyramid*, apenas em 2011 a pirâmide alimentar é substituída por prato, nos EUA. De acordo com o Departamento de Agricultura, a pirâmide “estava fora de moda e era muito complicada para os cidadãos”, que reclamavam de receber informação contraditória, mas continuará disponível para os profissionais da área de saúde (CRN-1, 2011, s.p.).

No mês de junho de 2011, a então primeira-dama dos Estados Unidos, Michelle Obama, apresentou as novas recomendações nutricionais do governo americano, substituindo a tradicional representação gráfica de uma pirâmide por um prato, o qual foi nomeado de *MyPlate*. O prato foi dividido em quatro porções: uma de fruta, outra de vegetais, uma terceira de proteínas e a quarta de cereais integrais. Além disso, ao desenho é acrescentado um copo, que representa os laticínios (CRN-1, 2011).

FIGURA 6 – MYPLATE (2011)



FONTE: <<https://choosemyplate-prod.azureedge.net/sites/default/files/audiences/Portuguese.jpg>>. Acesso em: 6 set. 2019.

Juntamente à nova representação gráfica, foram nomeadas dez dicas para um bom prato. São elas:

- Ingira somente a quantidade de calorias suficiente para o seu dia a dia.
- Tenha prazer na hora da refeição e não coma rápido, assim você comerá menos.
- Utilize nas refeições pratos pequenos, assim você não irá exagerar na porção. E quando comer fora de casa sempre peça a menor porção.
- Inclua com maior frequência na alimentação diária os seguintes itens: vegetais, frutas, grãos integrais, leite desnatado e seus derivados.
- Metade do seu prato deve ser de frutas e vegetais.
- Substitua o leite integral pelo leite desnatado.
- Aumente o consumo de grãos integrais (por exemplo, substitua arroz branco e pão branco por integrais).
- Diminua a quantidade de gorduras, sal e açúcares do seu dia a dia. Deixe somente para ocasiões especiais alimentos como bolos, biscoitos, sorvetes, balas, pizzas, refrigerantes...
- Reduza o sal da dieta. Comece a reparar nos rótulos dos alimentos (principalmente de sopas, comidas congeladas e pães) e dê preferência para aqueles alimentos que tenham escrito na embalagem “baixa quantidade de sódio”, “teor reduzido de sódio” ou “sem adição de sal”.
- Beba água ao invés de “bebidas açucaradas”, tais como refrigerantes, bebidas energéticas e esportivas (CHOOSEMYPLATE, 2011, s.p.).



Acessando o link: <https://www.choosemyplate.gov/> você poderá visitar as *Diretrizes Alimentares de 2015-2020* para americanos, elaboradas pelo Departamento de Agricultura.

Esse nosso passeio pela história das pirâmides brasileira e americana nos fornecem, sem dúvidas, muitos subsídios para discussão das nossas orientações nutricionais e em que são pautadas.

Para finalizar, vamos conhecer/reconhecer a última pirâmide alimentar, de 2013, também atualizada pela professora Sonia Tucunduva Philippi. Essa pirâmide não vem de encontro ao Guia Alimentar para a População Brasileira de 2014, o qual está descrito a frente, no próximo item, pois permanece com as porções, grupos alimentares e meta de 2000 kcal diária. A sua atualização consistiu no visual, na exemplificação de alimentos em cada estratificação, buscando deixar mais claro à população a grande variedade de opções in natura que temos, enquanto brasileiros, diariamente.

Observe que na estratificação da fruta temos um copo de suco, goiaba, caju; nos legumes e verduras temos a berinjela, abobrinha. Já no grupo do arroz, pão, massa, batata e mandioca temos a representação dos integrais. E no grupo dos feijões foi inserido as oleaginosas.

FIGURA 7 – PIRÂMIDE DOS ALIMENTOS (2013)



FORNTE: Philippi (2013, s. p.)

Perceba como a nutrição humana é permeada por inúmeras variáveis e incide diretamente sobre a organização social, econômica e política de uma sociedade. Cabe ainda destacarmos que as pirâmides alimentares buscaram se organizar em prol da disponibilidade dos nutrientes de cada alimento, o que consideramos alimentos-fontes. O valor nutritivo de um alimento é atribuído pela quantidade de energia e nutriente disponível em sua composição. De acordo com Philippi (2008), os alimentos fontes são aqueles alimentos que contêm mais de 5% do valor da DRI em uma porção usual. Por exemplo, podemos citar a carne, que é o alimento fonte de ferro, a laranja que é um alimento fonte de vitamina C.

Com isso, foi proposto a apresentação dos nutrientes a partir dos grupos da Pirâmide alimentar, conforme exposto na Quadro 1, o que buscou ampliar o entendimento da importância que cada alimento tem para a composição de uma refeição.

QUADRO 1 – RELAÇÃO ENTRE OS GRUPOS ALIMENTARES DA PIRÂMIDE DOS ALIMENTOS E OS NUTRIENTES CONSIDERADOS FONTE

GRUPO DOS ALIMENTOS	NUTRIENTES ESTUDADOS
Arroz, pão, massa, batata e mandioca	Carboidrato e vitamina B1
Frutas, legumes e verduras	Vitamina C, folato, beta caroteno, potássio e magnésio
Leite, queijo e iogurte	Proteínas, vitamina A, D, B2 e cálcio
Carne e ovos	Proteínas, vitaminas B6, B12, niacina, biotina, ferro, zinco e cobre
Feijões e oleaginosas	Proteínas, selênio, manganês e fósforo
Óleos e gorduras	Lípídios, vitamina E e K
Açúcares e doces	Carboidratos (sacarose)
Água e eletrólitos	Água, sódio, cloro, flúor e iodo

FONTE: Philippi (2008, p. 32)

3 DIRETRIZES INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Conforme vimos anteriormente, uma dieta adequada e equilibrada atende a todas as necessidades nutricionais de manutenção, reparo, crescimento e desenvolvimento do indivíduo. Inclui todos os nutrientes e energia em quantidade suficiente e proporcional ao indivíduo. Cabendo destacar que a presença ou ausência de um nutriente essencial pode afetar a disponibilidade, a absorção, metabolismo e necessidade de outros nutrientes. Dessa forma, a inter-relação entre os nutrientes apoia a manutenção da variedade de alimentos para proporcionar uma dieta mais completa (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Várias são as normas que orientam o planejamento e avaliação de dietas e prescrição de suplementos alimentares para indivíduos e coletividades, conforme já vimos, uma das formas de orientação, que é a Pirâmide de Alimentos.

Muito países já publicaram diretrizes adequadas para as circunstâncias e necessidades das suas populações. O Brasil não estabeleceu uma diretriz com um norte nas recomendações dietéticas específicas a nossa população.

Todavia, para que servem essas diretrizes de planejamento dietético? O que necessariamente são recomendações nutricionais? Conforme Philippi (2008, p. 4), “as recomendações nutricionais são definidas tradicionalmente como a quantidade de energia e nutrientes que atendem às necessidades nutricionais da maioria dos indivíduos de um grupo ou população”. Representando, dessa forma, a seleção e combinação de alimentos que promovem a saúde. Nesse sentido, uma alimentação adequada será aquela que atende às necessidades nutricionais do indivíduo.

Se retornarmos à História da Nutrição, lembraremos da clássica obrigatoriedade de limão/laranja nas embarcações da Marinha Mercante Britânica no século XVIII, considerando que já haviam descoberto que se os marinheiros não se alimentassem dessas frutas, fontes de vitamina C, poderiam “sangrar até a morte por causa do escorbuto” (PHILIPPI, 2008, p. 5).

No século XX, com a evolução e descoberta de vitaminas, os EUA foram os pioneiros em um conselho de especialistas para estudar as “tais” recomendações nutricionais, o qual atualmente é conhecido como *Food and Nutrition Board* (FNB).

Em seguida, a *Food and Agriculture Organization* (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) da Organização das Nações Unidas estabeleceram normas mundiais, as quais são utilizadas por nós brasileiros e são direcionadas para diferentes áreas, desde a qualidade e segurança alimentar até recomendações dietéticas e nutricionais.

Conforme mencionado, no caso dos Estados Unidos da América (EUA) quem direciona os estudos sobre recomendações dietéticas é a *Food and Nutrition Board* (FNB) do Instituto de Medicina (IOM) desde o ano de 1940, as quais vêm sendo atualizadas desde 1990 pelos EUA e Canadá através do *U.S Department of Agriculture* (USDA) e o *Department of Health and Human Services* (DHHS) (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Aqui vale destacar que desde 1941 as recomendações dos EUA e da FAO vêm sendo revisadas e atualizadas, sendo que a décima edição completa das recomendações americanas, anteriormente denominada *Recommended Dietary Allowances* (RDA), foi publicada em 1989. Entre os anos de 1993 e 1994, a FNB constituiu vários comitês para o desenvolvimento e a organização de novas recomendações, sendo que a partir de 1997 foram publicadas sob a denominação de *Dietary Reference Intake* (DRI) e revisadas em 2002 e 2019 (PHILIPPI, 2008; NAS, 2019).

As DRIs, assim como as RDAs, representam valores numéricos estimados para o consumo de nutrientes, sendo utilizados como parâmetros para o planejamento e avaliação de dietas de grupos e indivíduos saudáveis. O que diferencia de maneira significativa a DRI da RDA são as subdivisões estabelecidas pela DRI para melhor avaliar os indivíduos e grupos populacionais, bem como realizar o planejamento dietético para indivíduos (PHILIPPI, 2008).

No próximo tópico, desmembraremos cada subdivisão da DRI, aqui, apenas veremos quais são:

- *Recommended Dietary Allowances* (RDA): cota dietética recomendada.
- *Estimated Average Requirement* (EAR): necessidade média estimada.
- *Adequate Intake* (AI): ingestão adequada.
- *Tolerable Upper Intake Level* (UL): limite máximo de ingestão tolerado.

As recomendações nutricionais são baseadas em diferentes evidências científicas, por exemplo: estudos experimentais, avaliações bioquímicas, estudos epidemiológicos, populacionais de consumo, saturação de nutrientes, e são amplamente estudadas.



É importante lembrarmos que as DRIs foram estabelecidas com base nos estudos populacionais dos EUA e do Canadá, dessa forma, sua utilização na população brasileira deve ser considerada, já que podem conferir algum erro associado na avaliação (PHILIPPI, 2008).

Além das orientações dietéticas, vários outros importantes relatórios governamentais ou especializados abordam recomendações alimentares para americanos saudáveis, assim como as diretrizes que elaboram orientações para prevenção de doenças. A *American Dietetic Association* (ADA) em 2002 publicou uma declaração se posicionando frente ao padrão de uma alimentação saudável, afirmando que “todos os alimentos podem adequar-se a uma dieta saudável, quando a dieta total, ou padrão global de alimentos ingeridos, é consumida com moderação, com tamanhos de porções apropriados e combinada a atividade física regular” (MAHAN, ESCOTT-STUMP, 2011, p. 342).

No Quadro 2, constam as várias diretrizes resumidas, que de acordo com a ADA referem a uma prescrição universal para a saúde e boa forma nutricional.

QUADRO 2 – PRESCRIÇÃO UNIVERSAL PARA A SAÚDE E BOA FORMA NUTRICIONAL (ADA, 2002).

Ajustar ingestão calórica e grau de exercícios para manter peso corporal adequado.	Beber álcool com moderação, ou não beber.
Comer uma grande variedade de alimentos para garantir a adequação nutricional.	Atender às cotas dietéticas recomendadas de cálcio.
Aumentar a ingestão de carboidratos totais; aumentar a ingestão de carboidratos complexos.	Atender à RDA de ferro, especialmente importante para crianças, adolescentes e mulheres em idade fértil.
Comer menos gordura total e menos gordura saturada.	Limitar a proteína para não mais que o dobro da RDA.
Comer mais alimentos ricos em fibras.	Se utilizar um multivitamínico, escolher suplementos alimentares que não excedam a DRI.
Comer mais frutas e verduras.	Beber água fluoretada.
Comer menos alimentos com alto teor de colesterol.	Comer menos alimentos com alto teor de sódio;
Reduzir a ingestão de açúcares concentrados.	

FONTE: Adaptado de Mahan e Escott-Stump (2011)

Nesse contexto, no qual mencionamos a elaboração das diretrizes com recomendações nutricionais, voltamos nossa atenção aos guias alimentares. Instrumentos que fornecem informações à população, com intuito de promover hábitos alimentares saudáveis e, conseqüentemente, qualidade de vida, formulados em Políticas de Alimentação e Nutrição.

No Brasil, apenas recentemente, entre 2005 e 2006, foi apresentado pelo Ministério da Saúde o Guia Alimentar para a População Brasileira (GAPB), contendo as primeiras diretrizes para a nossa população direcionadas aos hábitos alimentares. Ele veio de encontro às necessidades do governo para as Políticas de Segurança Alimentar e Nutricional, como na prevenção de agravos à saúde advindos de uma alimentação insuficiente/inadequada (PHILIPPI, 2008). Continha em suas orientações recomendações de números de porções a serem consumidas, conforme vimos na Pirâmide Alimentar de 2005 e como anexo uma lista de Porções de Alimentos (em Gramas) e Medidas Usuais de Consumo Correspondentes, buscando contribuir para as trocas alimentares dentro de um cardápio baseado em porções divididas nos grupos de alimentos.



Para ter acesso a esse GAPB acesse o link:

http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2008.

Importante destacar que essas diretrizes compõem a implementação da Política Nacional de Saúde, se consolidando na identidade brasileira frente a OMS, no âmbito da Estratégia Global para Alimentação Saudável, Atividade física e Saúde (BRASIL, 2006).

A proposta da Estratégia Global consiste em juntar esforços, recursos e atribuições de todos os indivíduos envolvidos no processo da promoção de saúde, como as diferentes áreas do governo, sociedade científica, grupos de consumidores, movimentos populares e setor privado. Compartilhando assim, da mesma proposta da Política Nacional de Alimentação e Nutrição, sendo esta: “fomentar a responsabilidade associada entre sociedade, setor produtivo e público para efetuar as mudanças necessárias no âmbito socioambiental, que favoreçam escolhas alimentares saudáveis, tanto em nível individual como coletivo” (PHILIPPI, 2008 p. 15).

A primeira diretriz do Grupo de Apoio aos Pacientes com Transtorno de Humor Bipolar (GAPB) (BRASIL, 2006) contribui para as escolhas inteligentes, pensadas para promoção de saúde e qualidade de vida, seriam elas pequenas recomendações práticas, divididas em escolhas inteligentes e composição das refeições. A seguir estão as orientações consideradas escolhas inteligentes:

- Consoma diariamente alimentos como: cereais integrais, feijões, frutas, legumes e verduras, leite e derivados e carnes magras, aves ou peixes.
- Diminua o consumo de frituras e alimentos que contenham elevada quantidade de açúcares, gorduras e sal.
- Valorize a sua cultura alimentar e mantenha seus bons hábitos alimentares.
- Saboreie refeições variadas, ricas em alimentos regionais saudáveis e disponíveis na sua comunidade.
- Escolha os alimentos mais saudáveis, lendo as informações nutricionais dos rótulos dos alimentos.
- Alimente a criança somente com leite materno até a idade de 6 meses e depois complementemente com outros alimentos, mantendo o leite materno até os 2 anos ou mais.
- Procure nos serviços de saúde orientações a respeito da maneira correta de introduzir alimentos complementares e refeições quando a criança completar 6 meses de vida (BRASIL, 2006 p. 31).

Após essa primeira diretriz, tivemos atualização apenas em 2014, depois de várias discussões e consultas públicas no meio político e acadêmico, resultando no atual Guia Alimentar para a População Brasileira, o qual, assim como o anterior, se baseia nos princípios e nas recomendações de uma alimentação adequada e saudável. Seu desenvolvimento contou com o apoio do Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da Universidade de São Paulo e da Organização Pan-Americana da Saúde (HARA; HORITA; ESCANHUELA, 2017).

O GAPB é direcionado para a população em geral a aos profissionais da saúde e educadores. Foi elaborado em uma linguagem simples e de fácil compreensão. As orientações presentes nesse guia direcionam a forma de escolher, reparar e combinar os alimentos de uma refeição, propondo que a base da alimentação seja de alimentos in natura (vegetais, leguminosas, frutas, grãos) ou minimamente processados. Além de considerar aspectos biológicos, sociais, culturais e econômicos, bem como necessidades especiais, dimensões de gênero, raça, etnia (HARA; HORITA; ESCANHUELA, 2017).

Também, nesse novo guia, foram incluídas novas recomendações, as quais se fizeram necessárias diante das transformações nos padrões alimentares da população como o aumento do consumo de alimentos hipercalóricos, com alto teor de açúcares, gorduras, sal e aditivos químicos, os quais levaram a alterações significantes no perfil de morbidade e mortalidade e no estilo de vida da população, aumentando a prevalência de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) (HARA; HORITA; ESCANHUELA, 2017).

Nesse processo, destaca-se a grande diferença desse guia, que conceitua os alimentos processados, ultraprocessados, minimamente processados e alimentos in natura, buscando incentivar a população a ingerir mais alimentos de “verdade”, importando-se com a cultura alimentar de cada região do Brasil. Basta observarmos os dez passos para uma alimentação saudável e adequada do guia para nos depararmos com a diferença de proposta do guia anterior, que nos trazia orientações numéricas, por exemplo, realizar seis refeições ao dia:

- Fazer de alimentos in natura ou minimamente processados a base da alimentação.
- Utilizar óleos, gorduras, sal e açúcar em pequenas quantidades ao temperar e cozinhar alimentos e criar preparações culinárias.
- Limitar o consumo de alimentos processados.
- Evitar o consumo de alimentos ultraprocessados.
- Comer com regularidade e atenção, em ambientes apropriados e, sempre que possível, com companhia.
- Fazer compras em locais que ofertem variedades de alimentos in natura ou minimamente processados.
- Desenvolver, exercitar e partilhar habilidades culinárias.
- Planejar o uso do tempo para dar à alimentação o espaço que ela merece.
- Dar preferência, quando fora de casa, a locais que servem refeições feitas na hora.
- Ser crítico quanto a informações, orientações e mensagens sobre alimentação veiculadas em propagandas comerciais.

Texto de João Peres, publicado em 6 de agosto de 2018, na página do site O Joio e o Trigo:

O Brasil publicou ao final de 2014 o *Guia Alimentar para a População Brasileira*. A orientação-chave do documento do Ministério da Saúde é fazer de alimentos in natura e minimamente processados como base da dieta, e evitar ultraprocessados.

Essa premissa reflete o posicionamento do Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da USP (Nupens), responsável pela elaboração do texto inicial, depois submetido a consulta pública. O Nupens ganhou destaque mundial ao propor a classificação dos alimentos pela extensão e pelo propósito de processamento, e não mais pelo perfil nutricional. Isso significa valorizar alimentos tal como conhecíamos desde sempre, e deixar de lado a abordagem por nutrientes separados.

Já na fase de consulta pública surgiram questionamentos: onde estavam as porções usadas por nutricionistas em consultórios e hospitais? Encontramos 71 vezes a palavra “pirâmide” ao longo das sugestões apresentadas. Algumas citavam especificamente o trabalho de Sonia Tucunduva, a professora da USP que trouxe esse ícone do Brasil. Vários lados dessa história se mobilizaram numa disputa de terreno que foi além do interesse científico.

“Com clara tentativa de romper com o todo o guia alimentar anterior, e com a proposta dos grupos alimentares de acordo com a pirâmide alimentar proposta por Tucunduva, a proposta do novo guia se esvazia, pois não consegue deixar claro nem a parte quantitativa, nem qualitativa dos grupos alimentares”, dizia um dos participantes.

Mas os responsáveis pela elaboração do novo Guia entenderam que não faria sentido incorporar a pirâmide, portadora exatamente da lógica que se tenta desfazer. “Você não tem o cuidado de agrupar o alimento segundo seu uso culinário, quando você coloca na base da pirâmide um cereal, o arroz, e ao mesmo tempo você coloca um pão, você coloca um ultraprocessado, você coloca um biscoito”, critica Patrícia Jaime, professora da Faculdade de Saúde Pública da USP. “Também não tem a preocupação com o que é a cultura da composição de refeições, quanto mais de onde é que esse alimento vem” [...].

“Quem precisa trabalhar com porcionamento em situações específicas pode repensar os materiais gráficos usados na comunicação com a população. Mas as pessoas precisam entender do que a gente está falando, precisam ter domínio e autonomia sobre a alimentação”, analisa Camila Maranhã, professora da UFF.

Ela é autora da tese de doutorado “Processo de construção do Guia Alimentar para a População Brasileira de 2014: consensos e conflitos”, defendida em 2017 no Instituto de Medicina Social da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O trabalho aborda justamente a movimentação dos diferentes grupos de interesse em torno da definição dos rumos da orientação alimentar oficial. “É papel do nutricionista esclarecer muitas das questões envolvidas com a alimentação para além de ser capaz de definir nutrientes. É entender aquela pessoa como alguém que pode se empoderar para mudar a realidade”, completa.

Em alguns países, a pirâmide caiu em desuso, mas não a lógica de separar os alimentos por macro e micronutrientes.

FONTE: PERES, J. **Comer bem, comer mal**. 2018. Disponível em: <https://outraspalavras.net/ojoioeotrigo/2018/08/apos-26-anos-de-trabalho-piramide-dos-alimentos-nao-quer-se-aposentar/>. Acesso em: 10 set. 2019.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- A nutrição humana é ampla e envolve desde a biologia do organismo humano até o contexto econômico, político e social de uma sociedade.
- Uma alimentação saudável é aquela que respeita a cultura do indivíduo e fornece os nutrientes necessários para o funcionamento do corpo humano de forma equilibrada.
- Os nutrientes são divididos em macro e micronutrientes, sendo os que os macronutrientes são: carboidrato, lipídio e proteína; e os micronutrientes são: vitaminas e minerais.
- As pirâmides alimentares são, em sua maioria, elaboradas por pesquisadores, as quais não são necessariamente representativas das diretrizes/guias estabelecidos pelo governo.
- As pirâmides alimentares são ícones gráficos pensados para facilitar o entendimento da população em como deveria ser uma alimentação mais saudável e equilibrada.
- As pirâmides são alvos de discussões, já que muitos profissionais da saúde e pesquisadores não concordam com sua abordagem e acreditam que a indústria alimentícia está por “trás” dela.
- O planejamento dietético deve ser guiado por uma diretriz alimentar, a qual é resultado de inúmeras pesquisas de cunho experimental e biológico.
- O Brasil utiliza de diretrizes americanas (DRI/FAO) quando pensamos em recomendações dietéticas de ingestão diária.
- O Brasil possui sua diretriz para uma alimentação saudável pautada em discussões políticas e científicas, as quais são representadas pelo guia alimentar para a população brasileira.
- O guia alimentar para a população brasileira de 2014, diferente do guia de 2006, orienta para um consumo alimentar mais consciente, com menor presença de alimentos processados e ultraprocessados, dando enfoque na cultura alimentar, sem nenhuma referência de porções e quantidades de consumo ao dia.
- Os guias alimentares, assim como as pirâmides alimentares brasileiras foram e são focos de discussões, considerando a dificuldade de encontrarmos uma orientação mais passível de ser seguida e que possa ser “generalizada” à população.

AUTOATIVIDADE



1 Desde o ano de 1999, o Brasil passou por duas atualizações da Pirâmide Alimentar Brasileira, todas realizadas pela pesquisadora Profa. Sonia Tucunduva Philippi. Analise as afirmativas a seguir e preencha a lacuna com o número representativo de cada pirâmide alimentar:

- (1) Primeira pirâmide alimentar (1999)
- (2) Segunda pirâmide alimentar (2006)
- (3) Terceira pirâmide alimentar (2013)

- () Possui orientação de consumo de cinco a nove porções do grupo do arroz, pão, massa, batata e mandioca.
- () Teve inclusão das oleaginosas no grupo dos feijões.
- () Ampliou a variedade de representação dos alimentos, incluiu copo de suco no grupo das frutas.
- () Primeira a fixar as porções de frutas, verduras e legumes em três vezes ao dia.
- () A nomenclatura dos grupos alimentares teve que ser alterada pela dificuldade de entendimento da população, o grupo dos feijões era denominado grupo das leguminosas.

Agora, assinale a alternativa que contenha a ordem CORRETA:

- a) () 1, 3, 3, 2, 1.
- b) () 1, 2, 3, 2, 1.
- c) () 3, 3, 3, 2, 1.
- d) () 1, 3, 3, 2, 2.
- e) () 2, 3, 3, 2, 1.

2 Os nutrientes são substâncias químicas presentes nos alimentos e têm como função fornecer energia e subsídio necessário ao crescimento e desenvolvimento humano. Considerando que são divididos em dois grupos (micronutrientes e macronutrientes), assinale a alternativa CORRETA:

- a) () Os micronutrientes são representados pelo carboidrato e proteína e os macronutrientes pelas vitaminas, minerais e lipídios.
- b) () Os micronutrientes são representados pelas vitamina e minerais que em tese são necessários em pequenas quantidades ao organismo (mg) e em sua maioria essenciais ao ser humano.
- c) () Os macronutrientes são representados pelo carboidrato, lipídio e proteína, sendo necessários ao nosso corpo em quantidades maiores (g), todavia, nenhum deles é essencial, pois o organismo os sintetiza.
- d) () Os micronutrientes são as substâncias bioativas, fitoquímicos, responsáveis pela prevenção e tratamento de inúmeras doenças.
- e) () Os macronutrientes quando metabolizados não nos fornecem energia, sendo essa função dos micronutrientes.

3 Cite duas diferenças entre o Guia Alimentar de 2006 e o Guia Alimentar de 2014:



INGESTÃO DIETÉTICA RECOMENDADA

1 INTRODUÇÃO

Olá, acadêmico! Como vão seus estudos? Vamos aprofundar nossos conhecimentos sobre as recomendações de ingestão dietética, que já estudamos um pouco no tópico anterior. Vamos entender o que é uma RDA (*Recommended Dietary Allowances – Ingestão Dietética Recomendada*), EAR (*Estimated Average Requirement – Necessidade Média Estimada*), AI (*Adequate Intake – Ingestão Adequada*), UL (*Tolerable Upper Intake Level – Nível Máximo de Ingestão Tolerável*) e para qual cada variável é direcionada, bem como a importância delas na avaliação e planejamento dietético.

A seguir, vamos aprender os cálculos que nos auxiliam no diagnóstico de adequação no consumo dos macros e micronutrientes, finalizando com as classificações possíveis dentro de cada condição, idade, sexo, altura, peso, individualidade e coletividade e as possibilidades dentro do conceito de avaliação do consumo alimentar. Obtendo esse conhecimento ampliaremos a visão dentro da atuação do profissional nutricionista.

Antes, vamos diferenciar dois pontos importantes, as DRIs são as recomendações elaboradas a princípio para a população americana e canadense, representando valores numéricos estimados para o consumo de nutrientes, utilizado para avaliação e planejamento dietético, conforme vimos no tópico anterior. Já a IDR (Ingestão Diária Recomendada) são valores observados nos rótulos dos alimentos industrializados e foram estabelecidas pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) com finalidade de elaborar a informação nutricional. São, sim, baseadas nas DRIs e nas recomendações da FAO/WHO para indivíduos adultos e do sexo masculino, sendo usadas na comparação da quantidade disponível de um nutriente no alimento para estabelecimento do percentual do valor diário (%VD), ou seja, o percentual de IDR atingido na ingestão da porção de determinado alimento (PHILIPPI, 2008).

2 RECOMENDAÇÃO DE INGESTÃO DIETÉTICA DIÁRIA (EAR, RDA, AI, UL)

Para darmos continuidade e levarmos o leitor a conhecer o resultado do trabalho de inúmeros anos dos órgãos americanos e canadenses na busca por um melhor padrão de recomendações, vamos, inicialmente, recordar o assunto que finalizamos na unidade anterior: as RDAs foram reavaliadas periodicamente até 1989, o Canadá estabeleceu sua primeira recomendação em 1938, também foi revisada periodicamente até 1990, como RNIs (*Recommended Nutrient Intakes*/Ingestões Recomendadas de Nutrientes), sendo que após as duas últimas revisões das RDAs e RNIs, pelos Estados Unidos e Canadá, cientistas desses países, em conjunto, revisaram as recomendações existentes, o que culminou no estabelecimento das DRIs (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Desde aquela época até os dias atuais, a principal proposta dos padrões de referência para ingestão de nutrientes é avaliar e propor planos alimentares dentro das necessidades de cada indivíduo. Na avaliação de um dia alimentar ou mais, considera-se a probabilidade de estar ou não adequada, ou seja, pode ser que o paciente/cliente esteja consumindo a quantidade de macronutrientes, micronutrientes e consequentemente energia de acordo com as suas necessidades (estabelecidas pelas DRIs) ou não. E quando o objetivo é elaborar um plano alimentar adequado, busca-se incluir os alimentos que possam fornecer os nutrientes necessários à manutenção da saúde do indivíduo, utilizando os padrões de referência de ingestão de nutrientes.

Além de poderem ser utilizadas na avaliação e elaboração de planos alimentares, são úteis também na rotulagem de alimentos, no planejamento de programas de orientação nutricional, no desenvolvimento e melhoramento de produtos alimentícios, bem como na fortificação de alimentos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Agora, de forma mais detalhada, veremos as diferenças entre a atual DRIs e a antiga RDAs e RNIs:

- Devido à transição nutricional, as DRIs inseriram valores de nutrientes visando à redução do risco de doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT), não se considerando mais apenas a ausência de sinais de deficiência, como era feito anteriormente.
- Foram estabelecidos níveis superiores de ingestão de nutrientes (UL) considerando aumento do consumo de alimentos fortificados e de suplementos, essa foi uma evolução bem importante.
- Reconhecendo os benefícios dos alimentos e entendendo que eles são maiores que apenas nutrir, foram recomendados mais estudos para o estabelecimento de recomendações de ingestão de compostos bioativos de alimentos, os quais não são considerados nutrientes, como os flavonoides, carotenoides e glicosinatos (COMINETTI; COZZOLINO, 2017).

Devemos destacar que as DRIs foram elaboradas para serem utilizadas como metas de ingestão de indivíduos saudáveis em determinado estágio de vida e faixa etária. Segundo Cominetti e Cozzolino (2013, p. 12):

Para a determinação dos valores foram considerados os seguintes aspectos: 1) a informação disponível sobre o balanço do nutriente no organismo; 2) o metabolismo nas diferentes faixas etárias; 3) a diminuição do risco de desenvolvimento de doenças, considerando-se variações individuais nas necessidades de cada nutriente; 4) a biodisponibilidade e; 5) os erros associados aos métodos de avaliação do consumo alimentar.

Em relação à população brasileira, temos que fazer algumas ressalvas quanto às recomendações de ingestão. Conforme já vimos anteriormente, utilizamos no Brasil as DRIs ou FAO/WHO (documentos elaborados com base nas populações americanas e canadenses). Nesse contexto, é de suma importância que haja uma avaliação crítica por parte do profissional na interpretação dos dados, em que alguns fatores devem ser verificados, como: a ingestão alimentar com seu erro associado; as possíveis interações entre os alimentos e/ou medicamentos; os diferentes hábitos alimentares de cada região brasileira; o grau de morbidade da população (causas); diferenças étnicas e perfis antropométricos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Esses fatores nos levam a adotar em uma avaliação criteriosa do paciente/cliente uma postura de associação entre dados disponíveis de ingestão alimentar, perfil bioquímico e clínico do indivíduo. Além das diferenças elencadas, as DRIs englobam um conjunto de quatro valores de referência de ingestão de nutrientes, tendo maior abrangência que as RDAs. Vejamos a seguir.

2.1 DEFINIÇÕES DAS DRIs: EAR, RDA, AI e UL

Acadêmicos, a seguir são definidas cada uma das subdivisões da DRI:

- EAR — *Estimated Average Requirement* (Necessidade Média Estimada):

É 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 sexo e estágio de vida. A EAR corresponde à mediana da distribuição de necessidades de determinado nutriente e coincide com a média quando a distribuição é simétrica (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 13).

- RDA — *Recommended Dietary Allowance* (Ingestão Dietética Recomendada):

É o nível de ingestão alimentar diária suficiente para atender às necessidades de determinado nutriente de praticamente todos (97% a 98%) os indivíduos saudáveis de um determinado grupo de mesmo sexo e estágio de vida. Sua determinação é feita com base na EAR (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 13).

- AI – *Adequate Intake* (Ingestão Adequada):

É utilizada quando não há dados suficientes para a determinação da EAR e, conseqüentemente da RDA. Pode-se dizer que é um valor estimado prévio à RDA. Baseia-se em níveis de ingestão ajustados experimentalmente ou em aproximações da ingestão observada de nutrientes de um grupo de indivíduos aparentemente saudáveis. Esses valores serão reavaliados a partir de novos estudos, que proporcionem maior grau de confiabilidade sobre os anteriores (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 13).

- UL – *Tolerable Upper Intake Level* (Limite Superior Tolerável de Ingestão):

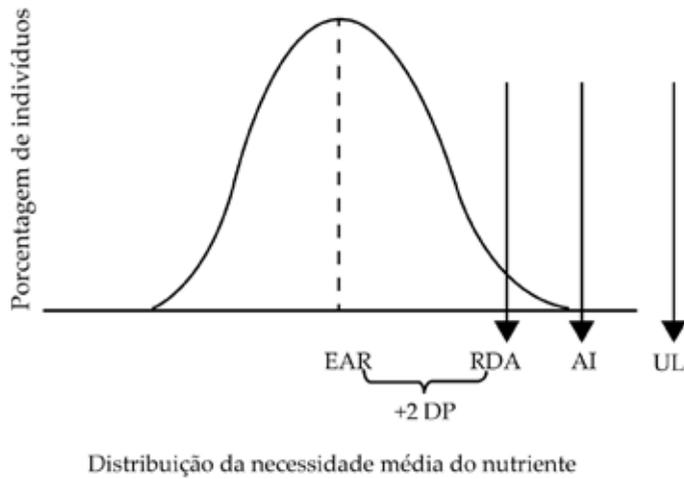
É o valor mais alto de ingestão diária continuada de determinado nutriente que aparentemente não oferece riscos de efeitos adversos à saúde para a maioria dos indivíduos de determinado estágio de vida ou sexo. É importante destacar que o UL não é um nível de ingestão recomendado (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 13).



Para o estabelecimento da RDA é necessário que a EAR tenha sido determinada, ou seja, que os dados disponíveis possibilitem estabelecer um valor médio de recomendação que atenda às necessidades de 50% dos indivíduos do grupo considerado. Dessa forma, se não foi obtido a EAR, o valor de RDA não poderá ser estabelecido. Considerando a curva normal de distribuição das necessidades, a RDA é situada a dois desvios-padrão (DP) positivos da EAR. Ou seja: $RDA = EAR + 2DP$.

Se os dados sobre a variabilidade das necessidades de determinado nutriente forem insuficientes para calcular o DP, assume-se um coeficiente de variação (CV) de 10%. Assim, o valor de $RDA = 1,2 EAR$.

FIGURA 8 – MODELO PARA OS VALORES DE REFERÊNCIA DA DIETA



(*) EAR: Necessidade média estimada; RDA: Ingestão dietética recomendada; AI: Ingestão estimada; UL Nível máximo tolerável de ingestão.

FONTE: Marchioni, Islater e Fisberg (2004, p. 208)

2.2 AVALIAÇÃO DE INDIVÍDUOS E DE GRUPOS: UTILIZAÇÃO DAS DRIs

Considerando que a RDA provém do DP da EAR e que a EAR representa um valor de ingestão diária de um nutriente que se estima suprir a necessidade de metade (50%) dos indivíduos saudáveis, veremos em que situação devemos usar essa variável.

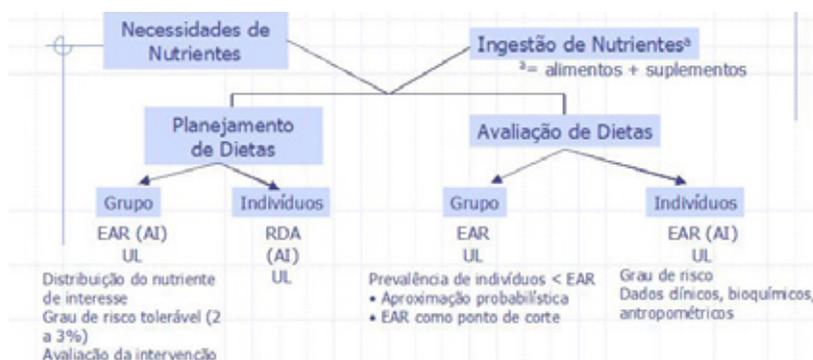
A EAR é utilizada para avaliar adequações/inadequações na ingestão habitual de um indivíduo ou grupo, ou seja, utilizamos ela quando formos avaliar o cardápio de um indivíduo, ou grupo, para identificar onde estão as insuficiências e excessos para então adequá-los. No momento do planejamento do cardápio usamos a RDA, que representa o nível de ingestão alimentar diária suficiente para atender às necessidades de praticamente todos (97% a 98%) os indivíduos saudáveis. Nesse sentido, no momento de planejarmos o consumo de macro e micronutrientes de um indivíduo, devemos ter como meta os valores que representam adequação em quase a totalidade da população.

A AI será usada tanto na avaliação quanto no planejamento de cardápios, sendo os valores de ingestão adequada, estabelecidos quando não há dados suficientes para a determinação da EAR e, conseqüentemente, da RDA. A AI representa um valor de ingestão que possivelmente excederia a atual necessidade de quase todos os indivíduos saudáveis em um mesmo estágio de vida e sexo,

porém, por ser proveniente de um menor rigor científico, pode frequentemente ser maior do que a RDA seria. Dessa forma, a conclusão que pode ser obtida da avaliação pela AI é se a ingestão está acima ou abaixo. Sendo que, ao analisar um indivíduo, você verifica que ele possui uma ingestão habitual que excede a AI e poderá concluir que certamente estará adequada, todavia, se a ingestão estiver abaixo, você não poderá estimar quantitativamente tal inadequação (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Já a UL utiliza-se tanto para avaliar quanto para prescrever, pois em ambos os momentos devemos monitorar se a ingestão/recomendação não está ou está ultrapassando a UL, podendo com isso causar uma toxicidade no organismo do indivíduo/população.

FIGURA 9 – APLICAÇÃO PRÁTICA DAS DRIs



FONTE: ISLI (2010)

Apesar de estar apresentando a você uma forma prática de aplicabilidade das DRIs, é importante ressaltar que ela é passível de erros, conforme mencionado anteriormente. Para indivíduos, as DRIs podem ser utilizadas para avaliar a adequação aparente da ingestão alimentar, ou seja, a quantidade suficiente de nutrientes para manter o estado nutricional adequado (a qual veremos como calcular no próximo tópico). Todavia, essa avaliação não é tão precisa, não nos possibilitando avaliar o estado nutricional exato do paciente/cliente.

Reverendo o que é recomendação: “a menor quantidade de ingestão continuada de um nutriente que manteria o estado nutricional adequado de um indivíduo segundo determinado critério” (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 18). Dessa forma, e considerando que a ingestão habitual é definida como a média de ingestão individual por um tempo mais prolongado, avaliar apenas um dia não permite conhecer a ingestão habitual. Então, como fazemos para ter uma determinação exata da ingestão alimentar?

Para determinar de maneira exata a recomendação de ingestão individual de um nutriente, é necessário um controle clínico acompanhado, em que o indivíduo consumiria quantidades orientadas daquele nutriente por determinado

período, enquanto seriam realizadas medidas bioquímicas e fisiológicas. Nesse sentido, o levantamento dos dados deveria ser de vários dias, utilizando tabelas de composição de alimentos precisas. Percebe-se que a medida exata seria praticamente impossível, por isso os pesquisadores dessa área, envolvendo os órgãos anteriormente mencionados na elaboração das DRIs/RDAs/RNIs possibilitam mensurar alguns nutrientes com alguma precisão se determinada ingestão atende às necessidades individuais (COMINETTI; COZZOLINO, 2013), desde que os dados levantados da alimentação seja de no mínimo três dias. Ainda, ressalta-se que, sempre que possível, a avaliação da adequação nutricional aparente considere além da alimentação, parâmetros biológicos, como os antropométricos, índices bioquímicos (albumina sérica, creatinina, proteína ligadora de retinol, hemograma, leucograma, vitaminas e minerais séricos) e estado clínico (exame físico).



Para encontrar todos os valores estabelecidos como recomendação de ingestão diário, acesse o link:

http://nationalacademies.org/hmd/~media/Files/Report%20Files/2019/DRI-Tables-2019/6_DRIValues_Summary.pdf?la=en.

Além disso, caso tenha interesse nessa área de pesquisa, acesse o link: <http://nationalacademies.org/hmd/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/DRI-Tables.aspx> e terá todas as informações referente à ingestão diária recomendada.

2.3 MINIMIZANDO ERROS POTENCIAIS NA AVALIAÇÃO DE INGESTÃO INDIVIDUAL DE GRUPOS

O instrumento nomeado como inquérito alimentar mais utilizado para avaliação da ingestão diária é o recordatório de 24 horas, registro alimentar e história alimentar quantitativa, todos instrumentos de análise quantitativa que merecem bastante verdade no momento da entrevista. Todavia, destaco que, independentemente do método escolhido, a avaliação da ingestão alimentar por indivíduos ou por grupos é passível de diversos erros.

A seguir, estão descritas algumas sugestões realizadas pelas pesquisadoras Cominetti e Cozzolino (2013) para minimizar os erros de medida da ingestão alimentar, os quais são recomendadas pelas DRIs:

- Selecione o instrumento adequado para avaliar o consumo alimentar.
- Certifique-se de todo alimento consumido (ao entrevistar reveja hábitos, seja enfático no que deseja saber):

- considere omissões, adições e substituições de alimentos nos recordatórios;
- considere o consumo de água e medicamentos para a contribuição de nutrientes;
- mantenha a atmosfera da entrevista neutra com respeito aos valores sociais.
- Determine o mais precisamente possível os tamanhos das porções consumidas:
 - utilize fotos ou modelos de porções.
- Investigue o uso de suplementos.
- Considere que a ingestão pode variar sistematicamente como resultado da:
 - sazonalidade ou periodicidade do uso do alimento;
 - doença sistemática ou crônica;
- Transições alimentares rápidas.
- Utilize dados de composição de alimentos acurados (tabelas de composição químicas de alimentos, softwares de nutrição) considerando:
 - variabilidade nas concentrações de nutrientes nos alimentos conforme consumidos;
 - valores de nutrientes que faltam no banco de dados ou baseados em cálculos no lugar de análises químicas;
- Se nas tabelas estão incluídos alimentos específicos da cultura.

Segundo Cominetti e Cozzolino (2017), ao final da avaliação quantitativa, para evitar sub ou superestimações, é importante ajustar as distribuições das ingestões médias observadas, para se obter valores correspondentes às ingestões habituais e assim estimar mais precisamente a proporção de indivíduos em um grupo que apresenta ingestões inadequadas.

3 ADEQUAÇÃO APARENTE DE NUTRIENTES

Conforme conhecimento obtido na unidade anterior, para termos melhor proximidade da adequação/inadequação no consumo dos nutrientes pelos indivíduos, tem-se o cálculo da adequação aparente de nutrientes, o qual veremos adiante como fazer e quais as variáveis que são necessárias. Para realizar a avaliação da ingestão de nutrientes, é necessário inicialmente conhecer a ingestão habitual do indivíduo, para, posteriormente, confrontá-la com as necessidades desse mesmo indivíduo, considerando que a ingestão habitual é definida como a média de ingestão do nutriente por um período.

Nesse conceito, uma estimativa correta da dieta habitual do indivíduo abrangerá o conhecimento da variabilidade intrapessoal e a escolha de um método sensível para estimar o consumo, lembrando que não temos um método “padrão-ouro” (livre de erro) desenhado até o momento.

Assim como a determinação da necessidade, que veremos mais a seguir, a qual é definida como o “menor valor de ingestão continuada do nutriente que irá manter um nível definido de nutrição em um indivíduo, para um dado critério de adequação nutricional” (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Apesar das inúmeras variáveis, é possível avaliar se a ingestão de um indivíduo atinge às necessidades que chamamos de Adequação Aparente de Nutrientes.

Vamos delinear, agora, as informações necessárias para realização desse cálculo:

- A estimativa média da ingestão dietética total dos nutrientes a ser avaliado (incluindo alimentos e suplementos): obtemos o valor, através do recolhimento de um recordatório de 24h de no mínimo três dias, sendo dois dias de semana e um de final de semana, após os dados coletados, faz-se procura em tabelas de composição química de alimentos e tabulação dos nutrientes que está se buscando avaliar, conforme modelo de tabela a seguir, somam-se os resultados dos três dias e divide por três. Por se tratar de um modelo, não foram inseridos todos os nutrientes avaliados:

TABELA 1 – MODELO PARA TABULAÇÃO DOS DADOS DE REGISTRO ALIMENTAR (MACRO E MICRONUTRIENTES)

Alimento	Medida caseira	Gramas	Kcal	PTN (g)	LIP (g)	CHO (g)	Vit. A (mcg)	Vit. B9 (mcg)	Zinco (mcg)	Selênio (mcg)
Pão integral	2 fatias	50 g		2	3	3	10	1	5	3

FONTE: A autora



Cuidado, algumas tabelas de composição química dos alimentos apresentam os alimentos em 100 gramas e não em porções, por isso, para obter o valor representativo da porção consumida, deve ser realizado um cálculo de conversão, como a Regra de 3, em que: 100 g de pão possuem 50g de CHO, então, quero saber quantas gramas de CHO estão presentes em 50g de pão:

$$\begin{array}{l}
 100 \text{ g pão} - 50 \text{ g CHO} \\
 50 \text{ g pão} - x (?) \\
 x = 25 \text{ gramas de CHO em } 50 \text{ g de pão}
 \end{array}$$



Deve-se ter especial atenção com o consumo de alimentos que são fontes de determinados nutrientes e que não são consumidos diariamente, por exemplo o fígado, fonte de ferro e colesterol, mas que pode ser consumido de forma esporádica naquela semana.

- Considerar a variação da ingestão de nutrientes devido à variabilidade do consumo alimentar, pois pode levar à subestimação ou superestimação da ingestão habitual. Por isso, é de suma importância obter uma estimativa do desvio padrão do consumo intrapessoal (DPi), que é o componente que explica a variação do consumo de alimentos do indivíduo no dia a dia. Para tal, o “Subcomitê para Uso e Interpretação das DRIs” recomenda que seja utilizada a estimativa dessa variabilidade obtida em estudos americanos de consumo alimentar em populações, conforme tabelas a seguir:

TABELA 2 – ESTIMATIVAS DE DESVIO-PADRÃO INTRAPESSOAL PARA VITAMINAS E MINERAIS BASEADAS NO *CONTINUING SURVEY OF FOOD INTAKES BY INDIVIDUALS*, 1994-1996 (MULHERES)

Sexo feminino	Estimativa de desvio-padrão intrapessoal (dp _{in})			
	Crianças 4 a 8 anos	Adolescentes 9 a 18 anos	Adultos 19 a 50 anos	Adultos > 51 anos
Vitamina A* (µg)	808	852	1300	1255
Caroteno (RE)*	452	549	799	796
Vitamina E (mg)*	3	4	5	6
Vitamina C (mg)*	61	81	73	61
Tiamina (mg)	0,5	0,6	0,6	0,5
Riboflavina (mg)	0,6	0,7	0,6	0,6
Niacina (mg)	6	8	9	7
Vitamina B ₆ (mg)	0,6	0,7	0,8	0,6
Folato (µg)	99	128	131	12
Vitamina B ₁₂ * (µg)	9,6	5,5	12	10
Cálcio (mg)	313	374	325	256
Fósforo (mg)	321	410	395	313
Magnésio (mg)	61	86	86	74
Ferro (mg)	5	6	7	5
Zinco(mg)	3	5	6	5
Cobre (mg)	0,4	0,5	0,6	0,5
Sódio (mg)	930	1313	1839	1016
Potássio (mg)	631	866	851	723

(*) Nutrientes com CV > 60% a 70%.

Fonte: Tabela adaptada do IDM (2000)².

FONTE: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732004000200007>. Acesso em: 4 out. 2019.

TABELA 3 – ESTIMATIVAS DE DESVIO-PADRÃO INTRAPESSOAL PARA VITAMINAS E MINERAIS BASEADAS NO *CONTINUING SURVEY OF FOOD INTAKES BY INDIVIDUALS*, 1994-1996 (HOMENS)

	Crianças 4 a 8 anos	Adolescentes 9 a 18 anos	Adultos 19 a 50 anos	Adultos > 51 anos
Vitamina A* (µg)	723	898	1160	1619
Caroteno (RE)*	454	681	875	919
Vitamina E (mg)*	3	5	7	9
Vitamina C (mg)*	74	93	93	72
Tiamina (mg)	0,5	0,8	0,9	0,7
Riboflavina (mg)	0,7	1,0	1,0	0,8
Niacina (mg)	7	11	12	9
Vitamina B ₆ (mg)	0,7	1,0	1,0	0,8
Folato (µg)	117	176	180	150
Vitamina B ₁₂ * (µg)	4,7	5,0	13	14
Cálcio (mg)	353	505	492	339
Fósforo (mg)	352	542	573	408
Magnésio (mg)	71	109	122	94
Ferro (mg)	6	9	9	7
Zinco (mg)	4	8	9	8
Cobre (mg)	0,4	0,6	0,7	0,7
Sódio (mg)	957	1630	1819	1323
Potássio (mg)	750	1130	1147	922

(*) Nutrientes com CV > 60% a 70%.
 Fonte: Tabela adaptada do IDM (2000)².

FONTE: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732004000200007>.
 Acesso em: 4 out. 2019.

- Encontrar a estimativa das necessidades do indivíduo, a qual é dada pela EAR, de acordo com a idade e sexo, lembrando que a EAR se encontra na tabela da DRI, disponibilizada na unidade anterior.
- Há o Desvio Padrão da necessidade (DP_n) entre os indivíduos, mesmo sendo pertencentes ao mesmo estágio de vida e gênero, é importante considerar essa variabilidade, dada pelo Coeficiente de Variação (CV) do nutriente. Através dos estudos realizados com a população americana, o coeficiente de variação do nutriente é o percentual que representa 10% do valor estipulado adequado para consumo (EAR), buscando reduzir o erro no momento de definir a adequação/inadequação. Para a maioria dos nutrientes, foi assumido uma variação de 10%, com exceção da niacina, cujo CV foi estabelecido como 15%.
- Número de dias avaliados (n), com as informações coletadas, vamos organizar para posteriormente colocarmos na fórmula do Escore-Z:

$$DP_D = \sqrt{[V_{nec} + (V_{intra} \frac{\square}{\square} n)]}$$

$$Z = D/DP_D = \frac{\bar{y} - EAR}{\sqrt{V_{nec} + (V_{mt} / n)}}$$

Sendo o resultado final derivado de D/DP_D .

Vamos seguir o passo a passo de acordo com os seguintes dados (ISLI, 2010):

Homem de 55 anos com ingestão média de folato/ácido fólico (registro alimentar de três dias) – 410 mcg/dia; EAR de folato (homem 51 a 70 anos) – 320 mcg/dia.

- **1º passo:** calcular o valor de D, que é a média de ingestão (Mi) – o valor da EAR.

Nesse caso: $D = 410 - 320 = 90$ mcg/dia.

- **2º passo:** calcular o valor de DP_D ; calcularemos o valor do desvio padrão da necessidade (DPn) para poder obter a variância da necessidade, lembrando que o DPn é referente ao CV:

$$CV = 10\% \text{ da EAR (320 mcg)}$$

$$CV = DPn = 32 \text{ mcg/dia.}$$

Como o que precisamos é a Variância, temos que elevar ao quadrado = (Desvio Padrão)² $Vn = (DPn)^2 = (32 \text{ mcg/dia})^2 = 1024$ mcg/dia. Após, calcularemos o desvio padrão da ingestão (DPi) – a partir de dados obtidos no estudo populacional dos EUA que se refere à variação intrapessoal (tabelas 2 e 3).

Para homens na faixa etária superior a 51 anos:

$$DPi = 150 \text{ mcg/dia}$$

Como a Variância = (Desvio Padrão)²

$$Vi = (DPi)^2 = (150 \text{ mg/dia})^2 = 22500 \text{ mcg/dia.}$$

Agora que já temos o valor de D, vamos calcular o valor de DP_D :

$DP_D =$ raiz de $Vn + (Vi / n)$, em que:

$Vn =$ variância da necessidade

$Vi =$ variância da ingestão

$n =$ número de dias de avaliação da ingestão, assim:

$$DP_D = 1024 + (22500 / 3)$$

$DP_D = 8524$, lembrando que ao final temos que tirar a raiz, sendo o resultado:

$DP_D = 92,32$ mcg/dia, em seguida deve ser calculada a razão (R) entre D e DP_D , que é o valor de Z
 $D = 90$ mcg/dia e $DP_D = 92$ mcg/dia
 $Z = 90/92 = 0,98$.

A equação desenvolvida levou em conta a variabilidade da necessidade e a variação intrapessoal, do dia a dia, sendo o resultado um Escore-Z, por meio do qual se determina a probabilidade de a dieta estar adequada, ou seja, o grau de confiança que a ingestão alcança as necessidades, conforme tabela a seguir (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

TABELA 4 – VALORES PARA A RAZÃO D/DP_D E A PROBABILIDADE CORRESPONDENTE EM CONCLUIR CORRETAMENTE QUE A INGESTÃO HABITUAL ESTÁ ADEQUADA/INADEQUADA

Critério D/DP_D	Conclusão	Probabilidade de concluir corretamente
> 2,00	Ingestão habitual adequada	0,98
> 1,65	Ingestão habitual adequada	0,95
> 1,50	Ingestão habitual adequada	0,93
> 1,00	Ingestão habitual adequada	0,85
> 0,50	Ingestão habitual adequada	0,70
> 0,00	Ingestão habitual adequada/inadequada	0,50
< - 0,50	Ingestão habitual inadequada	0,70
< - 1,00	Ingestão habitual inadequada	0,85
< - 1,50	Ingestão habitual inadequada	0,93
< - 1,65	Ingestão habitual inadequada	0,95
< - 2,00	Ingestão habitual inadequada	0,98

FONTE: Adaptado de ILSI, 2010, p. 27

O valor de Z no nosso cálculo foi de 0,98, estando próximo de 1 (probabilidade de 0,85), concluindo que a ingestão do homem em questão está adequada com 85% de confiabilidade. É importante destacar que a ingestão do homem do exemplo é maior que a RDA de folato nessa faixa etária (400 mcg/dia) e mesmo assim há apenas 85% de confiabilidade de que a ingestão esteja adequada. A explicação se concentra no fato de que o número de dias avaliados foi apenas três, pois se tivesse sido obtida a ingestão de sete dias, a razão D/DP_D seria de 1,9 e a probabilidade de concluir que a ingestão está adequada seria algo ao redor de 98% (ISLI, 2010).

Então, o que achou? São necessários bastante dados para realizar esse cálculo, mas após todos coletados e calculados, basta aplicá-los na fórmula, com treino, você ficará prático no cálculo. Pode ser realizada uma tabela no Microsoft Excel® aplicando as fórmulas, fica bem prático também.

De forma simplificada, pode-se concluir que a ingestão de um nutriente, provavelmente está inadequada, quando essa for menor que a EAR ou quando estiver entre a EAR e a RDA. Já a ingestão provavelmente está adequada quando, na avaliação de vários dias, a média for igual ou superior a RDA ou quando, na avaliação de poucos dias, a ingestão for muito superior a RDA (ISLI, 2010, p. 30).

E quando temos apenas a AI disponível, como podemos avaliar a ingestão de determinado nutriente? Apesar da AI ser uma ingestão adequada e não nos possibilitar afirmar, com certeza, sua inadequação, também temos o cálculo do Escore-Z para estipular o % de confiança na avaliação.

AI Exemplo de situação (ISLI, 2010):

$$Z = (Mi - AI) / (DPi / \text{raiz quadrada de } n)$$

Vamos seguir o exemplo:

- Mulher de 40 anos
- Ingestão média de cálcio (registro alimentar de 3 dias) – 1200 mg/dia
- AI de cálcio (31 a 50 anos) – 1000 mg/dia

Segue o cálculo:

Mi – média da ingestão observada (registro alimentar de 3 dias) = 1200 mg/dia

AI – 1000 mg/dia

DPi – desvio padrão da ingestão de cálcio obtido em estudos populacionais nos EUA que se refere a variação intrapessoal.

Para mulheres entre 19 e 50 anos:

DPi – 325 mg/dia

n = número de dias de avaliação da ingestão – 3 dias

Assim:

$$Z = (1200 - 1000) / (325 / \text{raiz quadrada de } 3)$$

$$Z = 1,06.$$

Nessa situação, de acordo com a tabela a seguir, apresentaríamos um resultado de adequação com 85 a 90% de confiança de estar correta.

TABELA 5 – VALORES SELECIONADOS DE Z E O NÍVEL DE CONFIANÇA ASSOCIADO CONCLUINDO-SE QUE A INGESTÃO HABITUAL É MAIOR QUE A AI OU MENOR QUE A UL

Critério Z	Conclusão	Probabilidade de concluir corretamente
> 2,00	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,98
> 1,85	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,95
> 1,50	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,93
> 1,25	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,90
> 1,00	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,85
> 0,85	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,80
> 0,68	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,75
< 0,50	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,70
> 0,00	Ingestão habitual adequada (excessiva)/segura	0,50
> - 0,50	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,30 (0,70 probabilidade da ingestão habitual ser segura)
> - 0,85	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,20 (0,80 probabilidade da ingestão habitual ser segura)
> -1,00	Ingestão habitual adequada (excessiva)	0,15 (0,85 probabilidade da ingestão habitual ser segura)

FONTE: Adaptado de Snedecor e Cochran (1980)

Todavia, considerando a AI não ser uma recomendação, de forma prática, em uma interpretação qualitativa pode ser feita a análise da ingestão em relação a AI conforme apresentado na tabela a seguir.

TABELA 6 – INTERPRETAÇÃO QUALITATIVA DA ADEQUAÇÃO DA INGESTÃO EM RELAÇÃO A AI

Ingestão em relação a AI	Interpretação qualitativa sugerida
Maior ou igual ao valor da AI	A ingestão média provavelmente está adequada se avaliada por um grande número de dias.
Menor que o valor da AI	A adequação da ingestão não pode ser determinada.

FONTE: ISLI (2010, p. 31)

A Tabela 5, se você observar, poderá ser utilizada tanto para avaliar a AI, quanto para avaliar a UL, e porque avaliar a UL?

Como vimos anteriormente, a UL representa o limite de ingestão tolerável, ou seja, o máximo a ser consumido de determinado nutriente, nesse sentido, o cálculo para avaliar a UL, tem por objetivo estabelecer a confiança em afirmar um consumo seguro desse nutriente.

A fórmula para avaliar UL é: $Z = (Mi - UL) / (DPi / \text{raiz quadrada de } n)$.

Para ilustrar consideremos o seguinte exemplo (ISLI, 2010):

- Mulher de 56 anos
- Ingestão média de zinco (registro alimentar de 3 dias) – 37 mg/dia
- UL de zinco na faixa etária entre 51e 70 anos – 40 mg/dia

Em que:

Mi – média da ingestão observada = 38 mg/dia

UL – 40 mg/dia

DPi = 5 mg

n = número de dias de avaliação da ingestão = 3 dias

Assim:

$Z = (37 - 40) / (5 / \text{pela raiz quadrada de } 3)$

$Z = 1,04$.

O que significa dizer, de acordo com a Tabela 5, que com uma confiabilidade de 85%, a ingestão habitual de zinco da mulher em questão é inferior ao valor do UL, estando segura.

Da mesma forma que para avaliação da AI, para a UL também podemos realizar uma avaliação qualitativa, ou seja, quando o valor da média de ingestão foi maior ou igual ao valor do UL o risco de efeitos adversos é potencial se a ingestão for observada por um grande número de dias, já, se a ingestão for menor que o valor do UL, ela provavelmente é segura se observada por um grande número de dias (ISLI, 2010).

Estabelecimento do UL (limite superior tolerável de ingestão)

Texto retirado de Recomendações de Nutrientes

Cristiane Cominetti e Silvia Cozzolino

O UL é o maior nível de ingestão continuada de um nutriente que, com dada probabilidade, não coloca a saúde da maior parte dos indivíduos saudáveis em risco. À medida que a ingestão excede o UL, o risco de efeitos adversos aumenta.

O termo “ingestão tolerável” foi escolhido para evitar implicações com possíveis efeitos benéficos. Por outro lado, o termo tem a intenção de caracterizar o maior nível de ingestão que pode, com grande probabilidade, ser tolerado biologicamente.

Todavia, ressalta-se o fato de que o UL não deve ser utilizado como nível de recomendação de ingestão. O consumo de nutrientes por indivíduos saudáveis em níveis superiores aos valores de RDAs ou AIs atualmente definidos, aparentemente não traria benefícios.

Os ULs são úteis em razão da maior disponibilidade de alimentos fortificados e do aumento do uso de suplementos alimentares que se aplicam ao uso diário crônico. Os valores de UL são baseados na ingestão total de determinado nutriente, considerando os alimentos, a água e os suplementos quando o efeito adverso está associado à ingestão total. Entretanto, se os efeitos adversos estiverem associados apenas com a ingestão de suplementos ou de alimentos fortificados, o valor de UL é baseado na ingestão do nutriente apenas dessas fontes, e não na ingestão total.

Para alguns nutrientes, não existem dados suficientes para determinar este componente das DRIs, todavia, isso não significa que não exista potencial para efeito adverso resultante da ingestão excessiva. Quando os dados sobre efeitos adversos forem extremamente limitados, cuidados extras podem ser necessários.

Quando possível, o UL é baseado no NOAEL (*no observed adverse effect level*), que é o maior nível de ingestão (ou dose oral experimental) de um nutriente que não resultou em efeito adverso observado nos indivíduos estudados.

Se não há dados adequados demonstrando o NOAEL, então o LOAEL (*lowest observed adverse effect level*) pode ser utilizado. O valor de LOAEL é determinado pela ingestão mais baixa (ou dose oral experimental) na qual um efeito adverso tenha sido identificado.

Dados de biodisponibilidade para nutrientes específicos precisam ser considerados e incorporados ao processo de avaliação do risco. A biodisponibilidade de um nutriente ingerido pode ser definida como sua acessibilidade aos processos metabólicos e fisiológicos normais. A biodisponibilidade influencia o efeito benéfico de um nutriente em níveis fisiológicos de ingestão, mas também pode afetar a natureza e a gravidade da toxicidade quando a ingestão for excessiva.

Fatores que afetam a biodisponibilidade incluem a concentração e a forma química do nutriente, o estado nutricional, a saúde do indivíduo e as perdas por excreção. Diversos efeitos adversos podem ocorrer como resultado da interação entre nutrientes. Os riscos potenciais de interações adversas entre nutrientes aumentam quando existem desequilíbrios na sua ingestão.

A ingestão excessiva de um nutriente pode interferir com a absorção, a excreção, o transporte, o armazenamento, as funções ou o metabolismo de outro nutriente. Fitatos, fosfatos e taninos estão entre os mais potentes redutores da biodisponibilidade de micronutrientes, ao passo que os ácidos orgânicos, como o ácido cítrico e o ascórbico, são fortes promotoras de absorção de alguns minerais e elementos-traço. Dessa forma, possíveis interações adversas entre nutrientes fazem parte da determinação dos valores de UL. Podem ser consideradas tanto um ponto final crítico, no qual se deve basear para fixar o UL de determinado nutriente, quanto em evidência que sustente o valor recomendado de UL baseado em outro ponto extremo determinado.

Além das interações entre nutrientes, outras considerações são importantes para a avaliação de risco, como o estado nutricional do indivíduo e a forma de ingestão do nutriente.

ULs precisam estar baseados no nutriente como parte da alimentação total, incluindo a contribuição da água. Nutrientes ingeridos separadamente dos alimentos (na forma de suplementos) necessitam de consideração especial, visto que, aparentemente, possam ter diferente biodisponibilidade e representar risco de efeito adverso para o indivíduo

FONTE: <<http://ilsibrasil.org/wp-content/uploads/sites/9/2017/07/Fasc%C3%ADculo-RECOMENDACOES-DE-NUTRIENTES.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2019.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- O que são as DRIs e o que cada uma de suas variáveis representa (EAR, RDA, AI e UL).
- Utilizar a EAR quando avaliar o cardápio de um grupo e ou indivíduos.
- Estabelecer como meta de planejamento dietético para indivíduos a RDA.
- Utilizar quando necessário a AI para avaliar a ingestão e/ou planejar um cardápio, assim como a UL.
- A UL foi estabelecida mediante a frequente fortificação dos alimentos e utilização dos suplementos alimentares.
- As DRIs são referências de recomendação de ingestão baseada na população americana e canadense, podendo ser utilizada no Brasil, desde o que o profissional nutricionista utilize também de outras variáveis de avaliação, como os dados bioquímicos e análises clínicas.
- Calcular e avaliar a adequação aparente de nutrientes para EAR, AI e UL.

AUTOATIVIDADE



- 1 Para realizar o planejamento do cardápio de um indivíduo, quais recomendações da ingestão dietética de referência (DRIs) devem ser utilizadas?
- a) () Recomendação média estimada (EAR) e Ingestão adequada (AI).
 - b) () Ingestão dietética recomendada (RDA) e Limite superior tolerável de ingestão (UL).
 - c) () Recomendação média estimada (EAR) e Ingestão dietética recomendada (RDA).
 - d) () Ingestão dietética recomendada (RDA), Ingestão adequada (AI) e Limite superior de ingestão (UL).
 - e) () Ingestão adequada (AI) e Limite superior tolerável de ingestão (UL).
- 2 Qual o valor da adequação do ferro (EAR), considerando uma mulher de 25 anos, que obteve uma média de consumo em três dias, de 5,506 mg, sendo que o valor do DP intrapessoal é 7 mg?
- a) () 0,869. Probabilidade de estar adequada com 85% de confiabilidade.
 - b) () -0,869. Probabilidade de estar inadequada com 70 a 85% de confiabilidade.
 - c) () -0,629. Probabilidade de estar inadequada com 70 a 85% de confiabilidade.
 - d) () 0,629. Probabilidade de estar adequada com 93% de confiabilidade.
 - e) () -3,03. Probabilidade de estar inadequada com 98% de confiabilidade.
- 3 Os valores de referência para ingestão de nutrientes (DRIs) incluem o conceito de Recomendação Média Estimada - EAR, que:
- a) () Deve ser utilizada como meta de ingestão alimentar de indivíduos.
 - b) () É utilizada para estabelecer uma RDA.
 - c) () É utilizada para avaliar e planejar a ingestão alimentar apenas de indivíduos.
 - d) () É obtida pelo cálculo da RDA + 2 DP.
 - e) () É estimada para atender 98% dos indivíduos saudáveis.
- 4 Qual o valor da adequação do cálcio (EAR), considerando uma mulher de 21 anos, que obteve uma média de consumo de três dias, de 650mg, sendo que o valor do cálcio na EAR para mulher entre 19 e 30 anos é de 800mg e o valor do DP intrapessoal é 325mg?
- a) () 0,735. Probabilidade de estar adequada com 70 a 85% de confiabilidade.
 - b) () -0,735. Probabilidade de estar inadequada com 70 a 85% de confiabilidade.
 - c) () 1,50. Probabilidade de estar adequada com 93% de confiabilidade.
 - d) () -1,50. Probabilidade de estar inadequada com 93% de confiabilidade.
 - e) () 0,905. Probabilidade de estar adequada com 85% de confiabilidade.



NECESSIDADES ENERGÉTICAS

1 INTRODUÇÃO

Olá, acadêmico! Como estão os estudos? Estamos nos direcionando para o terceiro e último tópico desta unidade. Agora, veremos como calcular a necessidade energética de um indivíduo, considerando as suas variáveis. Acabamos de discutir como fazemos para avaliar a ingestão dos nutrientes, principalmente dos micronutrientes, do dia a dia de um paciente/cliente, e buscando complementar e montar o passo a passo de uma consulta de nutrição, veremos como estipular o quanto de energia (kcal) ele precisaria para manter, perder ou aumentar a sua densidade corporal.

O que se entende por energia? A energia é definida como a capacidade de realizar trabalho, e o sol é a fonte elementar dessa energia, pois, através do sol, as plantas realizam a fotossíntese produzindo ligações químicas que podem derivar os compostos primários, sendo eles o carboidrato, lipídio e proteína. Nesse sentido, os animais e nós, seres humanos, obtemos esses nutrientes contidos nas plantas e consecutivamente nos animais (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Para suas funções vitais o corpo usa da energia proveniente dos carboidratos, lipídios, proteínas e álcool, energia essa que está ligada às estruturas químicas e é liberada quando o alimento é metabolizado, quando acontecem as reações químicas de condução da energia, síntese de tecidos corporais, produção de calor para manutenção da energia corporal, ou seja, energia para manutenção dos processos vitais no organismo.

Indo na direção de energia utilizada pelo nosso corpo, definimos a necessidade energética como sendo a ingestão de energia dietética diária utilizada para manter o equilíbrio energético do indivíduo, de acordo com sexo, idade, peso, altura e atividade física (IOM, 2005).

2 COMPONENTES DO GASTO ENERGÉTICO

Taxa metabólica basal (TMB) ou gasto energético basal (GEB) e taxa metabólica de repouso (TMR) são terminologias bem importantes quando falamos em energia. A taxa metabólica basal representa a energia despendida pelo corpo e

é medida pela manhã, antes que o indivíduo tenha iniciado qualquer atividade, de 10h a 12h sem se alimentar, beber e/ou usar nicotina. Representa, em sua maioria, 60 a 70% do gasto energético total de um indivíduo durante o dia.



Gasto energético total: energia dispendida pelo corpo na forma de TMB, somada ao efeito térmico dos alimentos e termogênese das atividades físicas, entre outros fatores do dia a dia (MAHAN, ESCOTT-STUMP, 2011).

Por sua vez, o GEB é definido como a quantidade mínima de energia gasta pelo organismo para sobreviver, refletindo a quantidade de energia gasta por 24h de descanso em um ambiente neutro em temperaturas. Representando um percentual menor que a TMB.

A TMR só é utilizada quando o indivíduo não atinge os critérios para realizar a TMB, sendo, dessa forma, mais utilizado e expressando de 10 a 20% acima da TMB, podendo superestimar a necessidade energética do indivíduo.

Enfim, a TMR ou GER (gasto energético de repouso) é a energia utilizada para manter a homeostase do corpo (respiração, circulação, síntese de compostos orgânicos, bomba de prótons, sistema nervoso, manutenção do calor), medida após 2h a 4h sem alimentação, não sendo necessário o descanso de 10h a 12h nas atividades, por isso, podendo estimar o percentual maior de kcal (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Várias são as variáveis que podem afetar uma GER, vejamos as principais:

- Tamanho corporal.
- Composição corporal.
- Idade.
- Sexo.
- Estado hormonal.
- Outros fatores.

Vejamos detalhadamente cada um deles:

- **Tamanho corporal:** pessoas maiores possuem TMB maior. Por exemplo: se duas pessoas do mesmo peso, mas de altura diferentes forem analisadas, a pessoa mais alta, ou seja, com maior área de superfície corporal terá a TMB maior.

- **Composição corporal:** essa variável considera a massa livre de gordura (MLG), que é o tecido metabolicamente ativo, pois essa contribui com aproximadamente 80% da GER. Nesse sentido, já é claro afirmarmos que atletas com maior percentual de massa magra possuem um metabolismo basal maior em pelo menos 5%.

Há várias formas de identificarmos a massa livre de gordura de um indivíduo, além das demais variáveis que compõe o peso total de um indivíduo, que será melhor explanado na disciplina de avaliação nutricional, agora, apenas para ter conhecimento, tem-se como medidas indiretas a pesagem hidrostática (hidrodensitometria), absorciometria de raios X de dupla energia (DEXA ou DXA) e o exame de pletismografia de deslocamento de ar. Sendo o DEXA considerado “padrão-ouro” (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

A pesagem hidrostática determina a gordura corporal pela medida de densidade corporal, sendo essa a diferença entre o peso seco antes da pesagem e o peso debaixo da água.

FIGURA 10 – PESAGEM HIDROSTÁTICA



FONTE: <<https://weightology.net/wp-content/uploads/2010/06/hydro-weigh.jpg>>. Acesso em: 18 set. 2019.

Essa pesagem se baseia no princípio de que a gordura é menos densa que a MLG e, por isso, quanto menos a pessoa pesar embaixo da água, maior será a gordura corporal.

A pletismografia utiliza da mesma tecnologia da pesagem hidrostática, todavia, usa do deslocamento de ar. O princípio dessa técnica consiste em o avaliado entrar na câmara de volume conhecido, o seu volume corporal é igual a redução do volume da câmara, um exemplo de equipamento disponível é o *Body Pod*. A área de superfície corporal é calculada através das medidas acuradas da altura e peso, sendo o volume de gás torácico medido durante o passo final do processo de medição (MARTINS, 2009).

FIGURA 11 – PLETISMOGRAFIA DE DESLOCAMENTO DE AR



FONTE: MARTINS (2009, p.16)

Por sua vez, o DEXA (Figura 12), conforme comentado anteriormente, é considerado o “padrão ouro” para estabelecer a composição corporal, pois é uma técnica de varredura que estima com precisão os minerais do osso, a gordura e o tecido mole livre de gordura.

FIGURA 12 – ABSORCIOMETRIA DE RAIOS X DE DUPLA ENERGIA



FONTE: <<https://img.grouponcdn.com/deal/3HeyxjwCmbvCPGZnbD1Jk1jdrAKV/3H-960x582/v1/c700x420.jpg>>. Acesso em: 18 set. 2019.

Essas medidas são mais precisas, todavia, tem alto custo de aquisição e manutenção, por isso, o que mais é usado na prática são as análises antropométricas (dobras cutâneas – ADC) e a bioimpedância elétrica (BIA). A ADC determina o percentual de gordura pela medida do tecido gorduroso subcutâneo com um compasso de dobras cutâneas (adipômetro/plicômetro). Já a BIA envolve a colocação de eletrodos no punho e tornozelo, medindo a água corporal através de medidas elétricas, já que a água é a principal composição do corpo humano e tem afinidade pela massa magra, sendo a massa gorda a diferença do peso total e massa magra (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

- **Idade:** o GER (gasto energético de repouso) também é alterado de acordo com a idade do indivíduo avaliado, pois é fato que durante o período de crescimento seja necessária maior oferta de energia para desenvolvimento dos sistemas, com o passar dos anos e redução desse desenvolvimento, vai fazendo com que a demanda energética reduza. Por isso, claramente os idosos têm uma GER mais baixa do que crianças e adolescentes, até porque as crianças também possuem maior quantidade de massa magra em sua composição corporal.
- **Sexo:** existem diferenças na GER entre homens e mulheres, as quais abrangem a diferença na composição corporal, já que homens costumam ser mais altos e possuem maior quantidade de massa magra que mulheres, sendo de 5 a 10% maior que nas mulheres.
- **Estado hormonal:** a alteração é decorrente das situações nas quais há distúrbios, como no hiper e hipotireoidismo, em que aumentam e diminuem o gasto energético, respectivamente. Através da estimulação do sistema nervoso simpático (estresse por exemplo), e também a alteração da taxa no período de gestação (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).
- **Outros fatores:** uso de substâncias como cafeína, nicotina e álcool podem estimular o aumento da taxa metabólica, podendo aumentar, dependendo da quantidade usada de 6 a 15% do GER de homens e mulheres. Além disso, a febre pode aumentar a taxa metabólica em 7% para cada grau de elevação da temperatura corporal, como as temperaturas ambientes em extremos, já que as pessoas que vivem em países tropicais possuem a taxa metabólica de 5 a 20% maior que as pessoas que vivem em climas temperados. Há uma variável nas TMR/TMB e também no GET (gasto energético total), e são intrínsecas ao indivíduo.
- **Efeito térmico do alimento (ETA):** significa o aumento no gasto energético proveniente do consumo alimentar, o qual é responsável por até 10% do GET. Essa variável pode ser dividida em termogênese obrigatória e facultativa. A termogênese obrigatória consiste na energia dispensada na digestão dos alimentos (metabolização), já a facultativa ou adaptativa é o excesso de energia gasto, a obrigatória, está mais ligada a atividade nervosa simpática.

O ETA é variável de acordo com a dieta, sendo maior após as refeições e diferente, dependendo da composição da refeição, sendo o gasto maior no consumo de carboidratos e proteínas (25%), do que gorduras (4%). Vale destacar que refeições com adição de pimenta chili e mostarda podem aumentar o GER em 33%, por até três horas após a refeição.

- **Termogênese por atividade (TA):** representa a energia gasta durante a realização de exercícios físicos e esportes. Essa variável é a que mais pode alterar o GET, podendo variar de 100kcal a 3000kcal. A TA pode variar de acordo com o tamanho corporal e os hábitos individuais da prática do exercício (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1 MEDIÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO

Neste subtópico, vamos ver os métodos disponíveis para medir o GET. Lembrando que anteriormente vimos os métodos para estabelecer a composição corporal dos indivíduos.

Como já mencionamos por algumas vezes, a unidade padrão para medir a energia é a caloria. A caloria é a quantidade de energia na forma de calor necessária para elevar em 1 °C a 15 °C a temperatura de 1 mL de água. Como a quantidade de energia envolvida no metabolismo é grande, usamos quilocaloria (kcal) (1000 calorias).

Além dessa medida, temos outra usada mundialmente, o joule (J), que mede a energia em termos de trabalho mecânico, que é a quantidade de energia necessária para acelerar a força de um Newton (N) por uma distância de 1 m. Uma kcal é equivalente a 4.184 kilojoules (kj) (MAHAN; ESCOTT-ESTUMP, 2011).

Os métodos utilizados para estabelecer o gasto energético partem de princípios diferentes de avaliação, vejamos quais são eles, suas diferenças e utilidades:

- **Calorimetria direta:** esse método monitora a quantidade de calor produzido por uma pessoa alocada em uma estrutura fechada, chamada sala calorimétrica, que permite a realização de atividade física em seu interior. Dessa forma, a calorimetria indireta fornece uma medida de energia gasta em forma de calor, medida fora da câmara em termo de alteração da temperatura corporal da câmara, podendo ser quantificada apenas em kcal e não no substrato (carboidrato, lipídio e proteína) que está sendo utilizado nessa liberação de calor. Todavia, não é fidedigna, considerando que isola o indivíduo de demais fatores externos, não remetendo a uma condição de vida normal.
- **Calorimetria indireta:** essa variável estima o gasto energético pela determinação do consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono pelo corpo durante um período. O processo decorre de o indivíduo respirar em uma peça colocada na boca (espirômetro), ou toca, capuz ventilado, para coletar os gases expirados (troca gasosa). Esse método tem custo mais baixo e permite melhor locomoção do indivíduo em teste. Em ambientes como hospitais são utilizados a beira do leito para verificar a necessidade energética dos pacientes acamados.

Para realização desse teste não devem ser consumidos, anteriormente, cafeína, álcool e nicotina, pois podem promover uma superestimação da necessidade energética. Além disso, deve ser realizado no mínimo cinco horas após refeições e lanches, não devendo ser realizado antes de 2h após a realização de exercícios físicos. O ideal é, anteriormente ao teste, repousar por 10 a 20min, sendo que a exatidão do teste é determinada em 5min.

Ao final, com os dados obtidos da calorimetria, faz-se o seguinte cálculo:

Quociente respiratório (QR)

QR = moles de CO₂ expirados ÷ moles de O₂ consumidos

A conversão acontece para kcal de calor produzido por metro quadrado de superfície corporal por hora, sendo o gasto energético extrapolado em 24 horas.

No caso da calorimetria indireta, conseguimos determinar o substrato mais utilizado pelo indivíduo nessa troca de gases, sendo que o QR para carboidrato será 1, para dieta mista será 0,85, proteína 0,82 e gordura 0,7 (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011). Além desses dois métodos, têm-se o “padrão ouro”, a água duplamente marcada.

- **Água duplamente marcada (ADM):** esse método foi aplicado pela primeira vez em 1982 e vem até hoje fornecendo dados para o IOM (2005) desenvolver recomendações de ingestão energética. É baseado no princípio de que:

A produção de dióxido de carbono pode ser estimada a partir da diferença nas taxas de eliminação de hidrogênio e oxigênio do corpo. Após a administração de uma dose de carga oral de água marcada com óxido de deutério ($^2\text{H}_2\text{O}$) e oxigênio (H_2^{18}O), por isso, água duplamente marcada – o deutério é eliminado do corpo como água, e o oxigênio – ^{18}O é eliminado como água e dióxido de carbono (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 27).

A medição de eliminação dessa água marcada ocorre em um intervalo de 10 a 14 dias por amostragem periódica, através da urina, saliva e plasma, sendo a diferença entre as duas taxas de eliminação, à medida da produção de dióxido de carbono, o qual permite determinar o GET, utilizando-se do mesmo cálculo utilizado na calorimetria indireta.

Nessa situação da água duplamente marcada, o indivíduo consegue permanecer em sua rotina normal, sendo mais fidedigno que os demais, tendo uma exatidão de 2 a 8% já que engloba o GER, GET, ETA e TA. O que inviabiliza o uso desse método em larga escala é o alto custo e necessidade de pesquisadores treinados para análise (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).



A aferição do ETA é significativa apenas em fins de pesquisa. Em meios práticos, é determinada como sendo 10% da soma da TMR e da TA. Assim, para se medir a TA, seria necessário determinar a TMB e a energia gasta em excesso, além da TMB a cada 30min após 5h de uma refeição (MAHAN, ESCOTT-STUMP, 2011).

É importante destacar que a partir desses testes as fórmulas foram elaboradas, vamos ver no próximo tópico, para estimarmos as necessidades energéticas dos indivíduos.

3 ESTIMATIVAS DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Conhecer a necessidade energética de um indivíduo/paciente/cliente é de suma importância para uma completa avaliação e planejamento, de acordo com cada especificidade/objetivo.

Se pensarmos nos ciclos da vida, ela se faz mais necessária ainda, pois passamos de fases com grandes demandas energéticas (bebês, crianças, adolescentes, gestantes, lactantes) para as fases com redução nessa demanda (adulto, idosos), sendo indispensável o acompanhamento do GET em todas as fases e situações vivenciadas (doenças e competições, no caso de atletas).

3.1 ESTIMATIVAS DA TAXA METABÓLICA BASAL E DE REPOUSO

Várias são as fórmulas utilizadas no decorrer dos anos para medir a TMR, como a fórmula de Harris-Benedict (1919), uma das mais utilizadas nos EUA e em pesquisas, apesar de superestimar a TMR em 7 a 24%; a fórmula de Mifflin-St. Jeor (1990) da FAO (1985), entre inúmeras outras que demonstraram ao longo dos anos alguns vieses na sua utilização, devido à pesquisa para estabelecer a fórmula, bem como o método usado. No caso dessas fórmulas, o método base foi a calorimetria indireta. A seguir, serão apresentadas as fórmulas para que você possa inserir seus dados e comparar as diferenças de resultados entre as fórmulas (MAHAN; ESCOTT-ESTUMP, 2011).

Fórmulas preditivas: Taxa metabólica basal

- **Fórmula de Harris e Benedict para estimativa do GEB (1919):**

Mulheres: $TMB = 655 + (9,6 \times \text{Peso em kg}) + (1,7 \times \text{Altura em cm}) - (4,6 \times \text{Idade em anos})$

Homens: $TMB = 66 + (13,7 \times \text{Peso em kg}) + (5 \times \text{Altura em cm}) - (6,8 \times \text{Idade em anos})$

Observação: Dependendo da referência de obtenção da fórmula, os valores podem variar.

- Mifflin-St. Jeor (1990) (TMB ou GER)

Idade: 19 – 78 anos

Mulheres: $GER = (10 \times P) + (6,25 \times Acm) - (5 \times I) - 161$

Homens: $GER = (10 \times P) + (6,25 \times Acm) - (5 \times I) + 5$

Sendo: P = peso; Acm = altura em centímetros; I = idade.

- FAO/OMS, 1985

TABELA 7 – TAXA METABÓLICA BASAL.

IDADE	FEMININO	MASCULINO
0 – 3 *	61,0 X P – 51	60,9 X P – 54
3 – 10	22,5 X P + 499	22,7 X P + 495
10 – 18	12,2 X P + 746	17,5 X P + 651
18 - 30	14,7 X P + 496	15,3 X P + 679
30 – 60	8,7 X P + 829	11,6 X P + 879
> 60	10,5 X P + 596	13,5 X P + 487

FONTES: FAO/OMS (1985, s. p.)

- **Institute of Medicine (2001)**

TABELA 8 – ESTIMADA DO GASTO ENERGÉTICO DE REPOUSO

Crianças com peso normal:	
Meninos	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 68 - (43,3 \times \text{idade [anos]}) + (712 \times \text{altura [m]}) + (19,2 \times \text{peso [kg]})$
Meninas	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 189 - (17,6 \times \text{idade [anos]}) + (625 \times \text{altura [m]}) + (7,9 \times \text{peso [kg]})$
Adolescentes com sobrepeso ou obesidade:	
Meninos	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 419,9 - (33,5 \times \text{idade [anos]}) + (418,9 \times \text{altura [m]}) + (16,7 \times \text{peso [kg]})$
Meninas	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 515,8 - (26,8 \times \text{idade [anos]}) + (347 \times \text{altura [m]}) + (12,4 \times \text{peso [kg]})$
Adultos com peso normal, sobrepeso e obesidade:	
Homens	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 293 - (3,8 \times \text{idade [anos]}) + (456,4 \times \text{altura [m]}) + (10,12 \times \text{peso [kg]})$
Mulheres	$GEB \text{ (kcal/dia)} = 247 - (2,67 \times \text{idade [anos]}) + (401,5 \times \text{altura [m]}) + (8,60 \times \text{peso [kg]})$

FONTES: Institute of Medicine (2005, s.p.)

Essas fórmulas determinam a taxa metabólica basal de um indivíduo, todavia, não nos fornecem o GET, o qual deve levar em consideração o TA. Com isso, não estimamos de fato a quantidade de kcal que deveríamos orientar o consumo em um planejamento alimentar, por exemplo. Vejamos no próximo tópico a estimativa do GET.

3.2 ESTIMATIVA DO GASTO ENERGÉTICO

A necessidade estimada de energia (NEE) cálculo que hoje consideramos o mais adequado para usar em pesquisas e consultórios e que é utilizado em programas de nutrição (softwares) representa a ingestão média da energia dietética que é estimada para manter o balanço energético em um adulto saudável, com idade, sexo, peso e estatura definidos e grau de atividade física (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 29).

Surgiu da parceria entre o *National Academy of Sciences, Institute of Medicine* e o *Food and Nutrition Board* com o *Health Canada*.

Para crianças, gestantes e nutrizes a NEE inclui as kcal necessárias à deposição de tecidos ou à secreção de leite. Além disso, as equações, cada qual para uma especificidade diferente, possui um coeficiente de atividade física (AF) para todos os grupos, exceto bebês e crianças pequenas, esse coeficiente corresponde a quatro categorias: sedentário, pouco ativo, ativo e muito ativo, as quais são discriminadas a seguir.



NEE: Necessidade Estimada de Energia.

TABELA 9 – NECESSIDADE ESTIMADA DE ENERGIA PARA INDIVÍDUOS EUTRÓFICOS, DE ACORDO COM O ESTÁGIO DE VIDA E O GÊNERO

Estágio de vida	Necessidade estimada de energia (EER)
Bebês	EER (kcal/dia) = GET + energia de depósito
0 a 3 meses	$EER = (89 \times \text{peso [kg]} - 100) + 175 \text{ kcal}$
4 a 6 meses	$EER = (89 \times \text{peso [kg]} - 100) + 56 \text{ kcal}$
7 a 12 meses	$EER = (89 \times \text{peso [kg]} - 100) + 22 \text{ kcal}$
13 a 36 meses	$EER = (89 \times \text{peso [kg]} - 100) + 20 \text{ kcal}$
Crianças e adolescentes	EER (kcal/dia) = GET + energia de depósito
Meninos	
3 a 8 anos	$EER = 88,5 - (61,9 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(26,7 \times \text{peso [kg]} + (903 \times \text{altura [m]}))\} + 20 \text{ kcal}$
9 a 18 anos	$EER = 88,5 - (61,9 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(26,7 \times \text{peso [kg]} + (903 \times \text{altura [m]}))\} + 25 \text{ kcal}$
Meninas	
3 a 8 anos	$EER = 135,3 - (30,8 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(10,0 \times \text{peso [kg]} + (934 \times \text{altura [m]}))\} + 20 \text{ kcal}$
9 a 18 anos	$EER = 135,3 - (30,8 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(10,0 \times \text{peso [kg]} + (934 \times \text{altura [m]}))\} + 25$
Adultos (≥ 19 anos)	EER (kcal/dia) = gasto energético total
Homens	$EER = 662 - (9,53 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(15,91 \times \text{peso [kg]} + (539,6 \times \text{altura [m]}))\}$
Mulheres	$EER = 354 - (6,91 \times \text{idade [anos]}) + AF \times \{(9,36 \times \text{peso [kg]} + (726 \times \text{altura [m]}))\}$
Gestação (19-50 anos)	EER (kcal/dia) = EER de mulheres não grávidas# + adicional energético gasto durante a gravidez + energia de depósito

1º trimestre	EER = EER não grávida + 0 (deposição de energia da gravidez)
2º trimestre	EER = EER não grávida + 160 kcal (8 kcal/semana * 20 semanas) + 180 kcal
3º trimestre	EER = EER não grávida + 272 kcal (8 kcal/semana x 34 semanas) + 180kcal
Lactação (19 a 50 anos)	EER (kcal/dia) = EER para mulheres# + energia para produção do leite – perda de peso
1º trimestre	EER = EER mulheres + 500 – 170
2º trimestre	EER = EER mulheres + 400 – 0

FONTE: Adaptado de Institute of Medicine (2001)



EER: Necessidade Estimada de Energia.
GET: Gasto Energético Total.
AF: Atividade física.

TABELA 10 – COEFICIENTE DE ATIVIDADE FÍSICA EM CADA NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA, SEGUNDO ESTÁGIO DE VIDA E GÊNERO, PARA INDIVÍDUOS EUTRÓFICOS.

Estágio de vida	Nível de atividade			
	Sedentário	Pouco ativo*	Ativo**	Muito ativo***
Coefficiente de AF para crianças e adolescentes (3 a 18 anos)				
Meninos	1,00	1,13	1,26	1,42
Meninas	1,00	1,16	1,31	1,56
Coefficiente de AF para adultos (≥ 19 anos)				
Homens	1,00	1,11	1,25	1,48
Mulheres	1,00	1,12	1,27	1,45
AF = atividade física; *30 a 60 min diários de atividade moderada; **pelo menos 60 min diários de atividade moderada; ***60 min de atividade intensa ou 120 min de atividade moderada.				

FONTE: Institute of Medicine (2005, s.p.)

LEITURA COMPLEMENTAR**ESTUDO DO GASTO ENERGÉTICO POR MEIO DA ÁGUA DUPLAMENTE MARCADA: FUNDAMENTOS, UTILIZAÇÃO E APLICAÇÕES**

Fernanda Baeza Scagliusi
Antonio Herbert Lancha Júnior

A medida do gasto energético total é fundamental em estudos de nutrição e metabolismo. A água duplamente marcada é uma forma de calorimetria indireta que mede precisa e acuradamente o gasto energético total de indivíduos fora de confinamento. Esse método já foi aplicado com diversas finalidades, como medir a demanda energética decorrente de doenças crônicas e da atividade física. Além disso, também foi usado em estudos sobre as consequências da desnutrição e a etiologia da obesidade, especialmente demonstrando as diferenças inter-raciais quanto ao gasto energético total. Tal técnica também pode ser utilizada para validar outros métodos de avaliação da prática de atividade física e/ou do gasto energético total. Embora diversos estudos de validação tenham sido conduzidos, nenhum método demonstrou bom desempenho nas estimativas individuais. Finalmente, a água duplamente marcada tem sido amplamente empregada em países desenvolvidos como marcador do consumo energético, validando as estimativas obtidas pelos métodos de avaliação do consumo alimentar. Esse uso também deve ser encorajado em países em desenvolvimento, para que se possa considerar o erro das estimativas de ingestão energética dos métodos de avaliação do consumo alimentar, utilizados nas pesquisas de nutrição humana dessas nações.

FONTE: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732005000400009>. Acesso em: 30 jul. 2019.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Sobre as diferenças entre as taxas: metabólica basal, de repouso e gasto energético, basal, de repouso e total.
- A taxa metabólica é influenciada por diferentes variáveis e pode representar de 60 a 70% do GET.
- Um dos fatores é a composição corporal que pode ser verificada no indivíduo com auxílio de diferentes métodos indiretos que incluem as dobras cutâneas e a BIA.
- O gasto energético gerado após um exercício físico é o mais variável dos fatores relacionados ao GET, e o mais passível de alteração pelo próprio indivíduo.
- O ETA é outra variável, mas mais utilizada em pesquisas, sendo interessante que o lipídio requer uma demanda menor de energia para ser metabolizado que a proteína e o carboidrato.
- Para estabelecimento das fórmulas preditivas são necessários a realização de métodos/testes que forneçam dados para a elaboração dessas fórmulas, sendo que o método considerado “padrão ouro” é o da água duplamente marcada que originou o NEE.
- Temos várias equações de predição disponíveis, sendo que a mais utilizada e com diferentes variáveis é a NEE/EER, devendo-se tomar cuidado com o AF utilizado para não sub ou superestimar a necessidade real do indivíduo.



Ficou alguma dúvida? Construímos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.





1 Dentre os diferentes fatores que alteram o Gasto Energético Total (GET), qual dos citados a seguir pode ter mais influência?

- a) () Sono
- b) () Atividade física
- c) () Dimensão e composição corporal
- d) () Genética
- e) () Efeito térmico dos alimentos

2 Duas mulheres, uma sedentária e a outra maratonista, com mesma idade e mesmo peso corporal, consultaram um nutricionista, em busca de orientação alimentar e para estabelecer um plano alimentar. O nutricionista calculou, para cada uma, a necessidade energética total (NEE), a partir da avaliação da taxa metabólica basal (TMB) e do fator atividade (FA). Com relação a essa situação hipotética:

- I- As duas mulheres devem apresentar o mesmo TMB, pois ambas têm a mesma idade e peso.
- II- Na maratonista, o valor de FA pode ultrapassar 50% do NET.
- III- Na maratonista, o valor de FA deve corresponder a 10% do valor do NET.
- IV- Na mulher sedentária, a TMB deve corresponder ao maior percentual do NET.
- V- Na mulher sedentária, o valor de FA pode corresponder a 30% do valor do NET.

Estão CORRETAS as afirmativas:

- a) () I, II e IV.
- b) () I, III e V.
- c) () II, IV e V.
- d) () II, III e IV.
- e) () I, II, III, IV e V.

3 Assinale a opção a seguir que corresponde a NEE de H.J.K, sexo feminino, 22 anos, peso 52 Kg, estatura: 1,57 m, com fator atividade 1,12 (podem utilizar apenas duas casas após a vírgula):

- a) () 1838,40Kcal
- b) () 1619,74 Kcal
- c) () 2088,50 Kcal
- d) () 2137, 51 Kcal
- e) () 2023,70 Kcal

4 O método usual para a medição do gasto energético em indivíduos é a calorimetria indireta. Entre as técnicas de calorimetria indireta, a mais aplicada é a da câmara metabólica. Atualmente, a técnica da água duplamente marcada (ADM) também é utilizada. Entre as vantagens da ADM inclui-se:

- I- A medição com o indivíduo exercendo suas atividades cotidianas.
- II- O cálculo preciso da produção de CO_2 .
- III- A obtenção de acurácia superior à da câmara metabólica.
- IV- A aplicação em estudos epidemiológicos.
- V- O desenvolvimento de estudos de baixo custo.

Estão CERTOS apenas os itens:

- a) () I, II e III.
- b) () I, II e IV.
- c) () I, III e V.
- d) () II, IV e V.
- e) () III, IV e V.

MACRONUTRIENTES

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:

- reconhecer a estrutura química dos macronutrientes, assim como os elementos que são formandos;
- conhecer as vertentes dos macronutrientes, desde a orientação de consumo (quantidade), até as principais fontes alimentares;
- diferenciar o processo absorptivo dos macronutrientes, bem como suas principais funções no organismo humano;
- reconhecer a importância dos macronutrientes nas diferentes fases da vida e nos protocolos de dietas.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – CARBOIDRATOS E FIBRAS

TÓPICO 2 – PROTEÍNAS

TÓPICO 3 – LIPÍDIOS



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.



CARBOIDRATOS E FIBRAS

1 INTRODUÇÃO

Caro acadêmico! Para iniciar esta unidade tão importante deste livro didático, no que refere a construir conceitos básicos frente a alimentação da população, vamos refletir! Quando você pensa em carboidrato (CHO), o que vem em sua mente? Pão, massas, doces? Energia? Ganho de peso? Se não for isso, parabéns! Começamos sem demonizar os alimentos, e isso é muito bom! Caso tenha pensado exatamente isso, teremos que rever os conceitos.

Vamos lá! Nesse primeiro momento você poderá observar que traremos um pouquinho do que você já viu sobre os macronutrientes, aprofundando cada vez mais sobre suas funções, quantidade indicada para consumo, composição, digestibilidade e as vertentes envolvidas nas dietas da moda.

Iniciaremos pela composição dos carboidratos e das fibras, suas classificações, seguindo para suas funções principais no organismo humano, bem como os efeitos de sua carência. Posteriormente, explanaremos sua digestibilidade, biodisponibilidade e, por fim, a indicação de consumo, conforme referências norte americanas.

Antes de prosseguirmos, é importante destacar que o conhecimento sobre os carboidratos, evoluiu de forma relevante perante a ciência após 1970, época que iniciaram as pesquisas sobre as propriedades físico-químicas e fisiológicas das fibras alimentares (FA), seguindo em 1980 com estudos sobre as diferentes respostas glicêmicas dos alimentos, até o ano 2000, quando foram aprofundados os conceitos sobre os prebióticos. Ressalta-se ainda, que hoje temos formas ambíguas de apresentação dos carboidratos, que precisam de mais estudos.

2 CARBOIDRATOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Os carbonos hidratados ou carboidratos são substâncias cuja fórmula química empírica é $(\text{CH}_2\text{O})_n$, que significa a razão molar de 1:2:1 entre C, H e O. Todavia, também podem conter moléculas de nitrogênio, fósforo e enxofre. De maneira mais ampla, os carboidratos podem ser poli-hidroxialdeídos ou poli-hidroxicetonas, que derivarão após a hidrólise os compostos mais simples, como o exemplificado (MARZZOCO; TORRES, 2007).

Os carboidratos são um grupo diverso de substâncias com características físicas, químicas e fisiológicas bem específicas. Afetam a saciedade, a glicemia, a insulinemia e o metabolismo lipídico, tudo com base no metabolismo energético.

De acordo com o Comitê de Especialistas em Carboidratos na Nutrição Humana, organizado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization – FAO) e pela OMS em 1997, quimicamente, os carboidratos podem ser determinados pelo tamanho da molécula determinado pelo grau de polimerização (GP), tipo de ligação e características dos monômeros individuais.

A forma química dos carboidratos é de suma importância, principalmente pela resposta fisiológica mediante o consumo de cada tipo, além das especificações necessárias para rotulagem dos alimentos. A palavra “sacarídeo” significa açúcar e é derivada do grego *sakcharon*. Esse termo é utilizado no sentido de identificar os carboidratos mais simples (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Vejamos, então, as três grandes classificações dos carboidratos na tabela a seguir:

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DOS CARBOIDRATOS SEGUNDO O GRAU DE POLIMERIZAÇÃO

Classes	Subgrupos	Principais componentes
Açúcares (GP: 1 a 2)	Monossacarídeos	Glicose, frutose, galactose
	Dissacarídeos	Sacarose, lactose, maltose, trealose
	Polióis (açúcares de álcoois)	Sorbitol, manitol, lactitol, xilitol, eritriol
Oligossacarídeos (carboidratos de cadeia curta – GP: 3 a 9)	Malto-oligossacarídeos (alfaglucanos)	Maltodextrinas
	Oligossacarídeos (não alfaglucanos)	Rafinose, estaquiose, fruto e galacto-oligossacarídeos, polidextrose, inulina
	Amidos (alfaglucanos)	Amilose, amilopectina, amidos modificados
Polissacarídeos (GP: >10)	Polissacarídeos não amido (PNA)	Celulose, hemicelulose, pectina, arabinoxilanas, betagluconas, glucomanas, gomas de plantas, mucilagens, hidrocolóides.

Legenda: GP = grau de polimerização ou número de monômeros (unidades individuais que compõe o carboidrato).

FONTE: Adaptado de Cummings e Stephen (2007) e FAO/WHO (1997)

A partir desta tabela, daremos continuidade ao conteúdo fazendo a divisão dos tipos de carboidratos e suas características, de grande valia para posterior compreensão da digestibilidade e como prescrever cada tipo de carboidrato relacionado ao momento do dia e objetivo do paciente/cliente.

2.1 MONOSSACARÍDEOS

Conforme mencionado anteriormente, o carboidrato mais simples na natureza é o monossacarídeo, aldeído ou cetona com dois ou mais grupos hidroxila.



Aldeídos e cetonas: um aldeído é todo composto orgânico que possui o grupo carbonila (C=O) ligado a um hidrogênio, ou seja, o seu grupo funcional sempre vem da extremidade de uma cadeia carbônica e é dado por:



Já as cetonas são aqueles compostos orgânicos que possuem o grupo carbonila entre dois carbonos. Portanto, seu grupo funcional nunca irá aparecer na extremidade de uma cadeia carbônica:

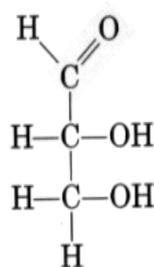
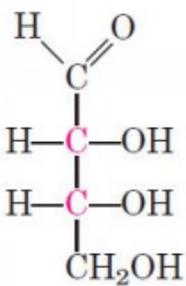
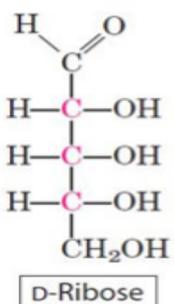
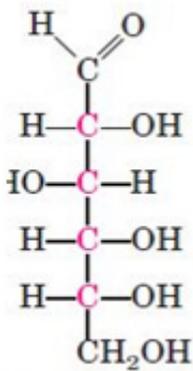


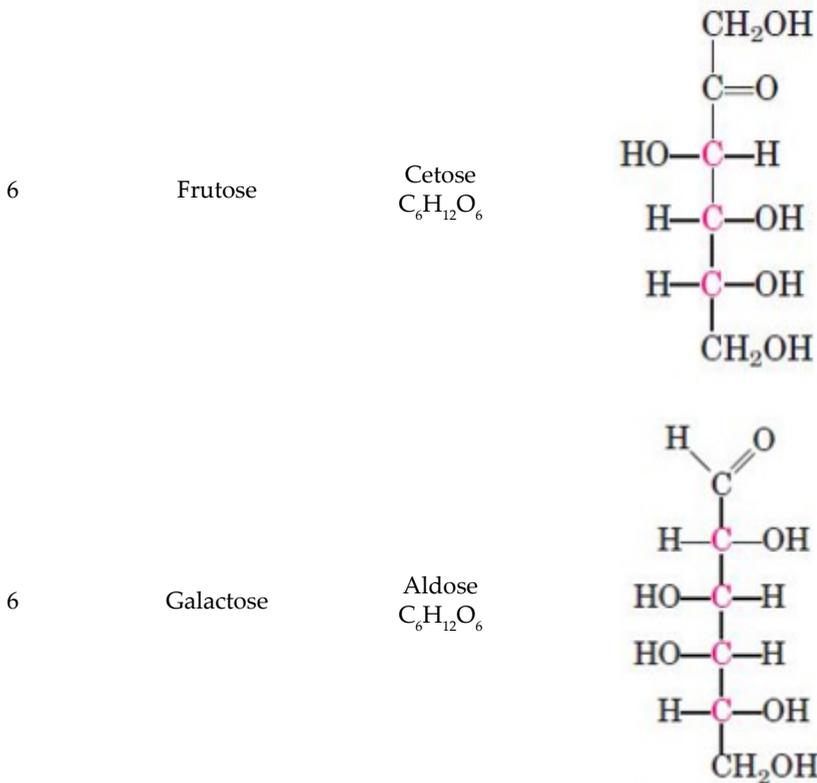
Fazendo dessa forma a diferenciação entre a glicose e a frutose, que são dois monossacarídeos com a mesma fórmula molecular (C₆H₁₂O₆).

FONTE: <<https://brasilescola.uol.com.br/quimica/reacao-oxidacao-aldeidos-cetonas.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Os monossacarídeos são estruturas que podem possuir de 3 a 7 carbonos. Na Tabela 2 podem ser identificados os monossacarídeos e sua estrutura química e grupo funcional (em destaque).

TABELA 2 – ESTRUTURAS LINEARES DOS PRINCIPAIS MONOSSACARÍDEOS

Número de carbonos	Nome do composto	Fórmula química	Estrutura linear
3	Gliceraldeído	Aldose $C_3H_6O_3$	
4	Eritrose	Aldose $C_4H_8O_4$	
5	Ribose	Aldose $C_5H_{10}O_5$	
6	Glicose	Aldose $C_6H_{12}O_6$	



FONTE: Adaptado de Cozzolino e Cominetti (2013)

Pode-se perceber, na Tabela 2, que os monossacarídeos são estruturas de cadeia linear de carbonos, unidos por ligações simples entre si, ao hidrogênio e grupos hidroxilas (OH). Esses monossacarídeos, em sua maioria, possuem sabor doce e solubilidade em água, além de fácil absorção, o que discutiremos mais à frente.

2.2 DISSACARÍDEOS

Os dissacarídeos são formados por duas unidades de monossacarídeos, como, por exemplo, a sacarose, formada por uma molécula de glicose e uma de frutose.

Na tabela a seguir, estão apresentados os dissacarídeos de maior importância na nutrição: sacarose, a lactose (galactose + glicose) e a maltose (glicose + glicose). As ligações entre os monossacarídeos ocorrem por uma ligação chamada glicosídica (grupo hidroxila + grupo hidroxila, finalizando com a perda de uma molécula de água).

TABELA 3 – ESTRUTURA DOS PRINCIPAIS DISSACARÍDEOS

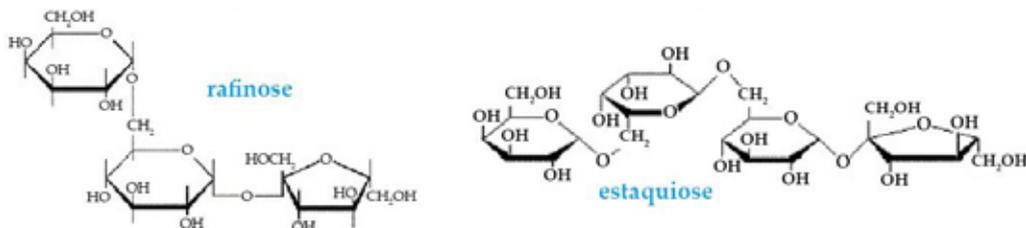
Dissacarí-deo	Composição	Estrutura química
Sacarose	Glicose + frutose (ligação alfa 1,2)	
Lactose	Galactose + glicose (ligação beta 1,4)	
Maltose	Glicose + glicose (ligação alfa 1,4)	

FONTE: Adaptado de Cozzolino e Cominetti (2013)

2.3 OLIGOSSACARÍDEOS

Os oligossacarídeos são unidades normalmente unidas às proteínas e lipídios e possuem de 3 a 10 unidades de monossacarídeos ligados, considerados cadeias curtas de carboidratos. Podemos dividir os oligossacarídeos em malto-oligossacarídeos ou alfa-glucanos que derivam principalmente da hidrólise parcial do amido, o qual podemos consumir, por exemplo, em uma batata. E em oligossacarídeos não alfa-glucanos, como a rafinose e estaquiose (presentes no feijão); fruto-oligossacarídeos (formado por unidades de frutose), também conhecidos como FOS e galacto-oligossacarídeos (GOS), unidades consideradas prebióticas, por alimentarem as bactérias benéficas presentes na nossa microbiota (CUMMINGS; STEPHEN, 2007; COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

FIGURA 1 – ESTRUTURA QUÍMICA DOS OLIGOSSACARÍDEOS NÃO ALFAGLUCANOS



FONTE: <http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/imagens/ligacao_glicosidica.PNG>. Acesso em: 11 dez. 2019.

2.4 POLISSACARÍDEOS

Os polissacarídeos (glucanos), por sua vez, contém mais de 20 unidades de monossacarídeos, podendo ir de centenas a milhares de unidades, o que os possibilita uma grande diferenciação entre eles, devido à identidade das unidades que as formam, o comprimento da cadeia, tipos de ligação entre as unidades (alfa e beta) e grau de ramificação das cadeias.

Nesse caso, devemos destacar as enzimas humanas digestivas, que conseguem hidrolisar apenas as ligações do tipo alfa. Dentro da classificação dos polissacarídeos, temos outras subdivisões, os homopolissacarídeos e heteropolissacarídeos. Vejamos a seguir:

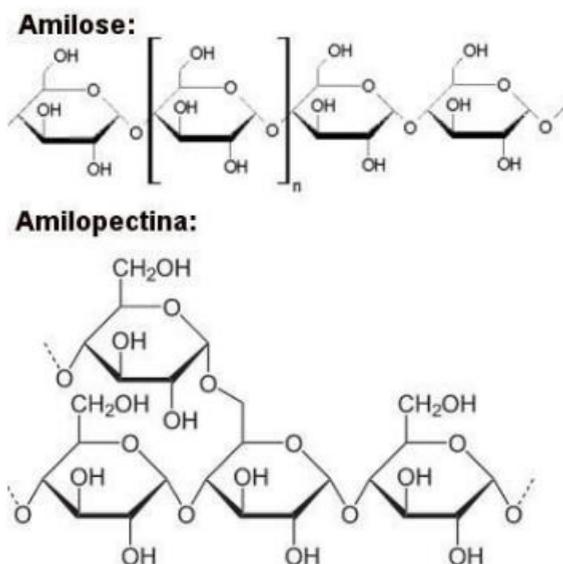
2.4.1 Homopolissacarídeos

A própria nomenclatura já nos possibilita imaginar que os homopolissacarídeos são estruturas formadas apenas por um tipo de monossacarídeo. Um bom exemplo é o amido, um dos carboidratos mais importantes para estocagem de energia nas células das plantas, sendo que nas células humanas a estocagem é feita em forma de glicogênio.

Além do amido presente nas plantas, também se tem a celulose e a quitina como homopolissacarídeos, todavia, esses com função estrutural nas paredes das células das plantas e no exoesqueleto de animais, diferente do amido que possui função energética.

Voltando a falar do amido, molécula com função energética, é dividido em dois homopolímeros de glicose a amilose e a amilopectina.

FIGURA 2 – ESTRUTURA QUÍMICA DA AMILOSE E DA AMILOPECTINA



FONTE: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2274176/mod_resource/content/0/Resumo_07_Gr09.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Qual será a importância dessa diferenciação? Será que tem algum impacto no processo de nutrir dos alimentos com diferentes quantidades de amilose e amilopectina no amido?

A amilose é composta por ligação alfa 1,4, ou seja, com moléculas de alfa-D-glicose, e a amilopectina por ligações lineares também 1,4 e ramificadas alfa 1,6. Transportando esse conceito para o processo de digestão dos alimentos, cabe destacar que as enzimas digestivas agem no final das cadeias de amido, chamadas de extremidades reductoras, ou seja, no resíduo de glicose (carbono 6) com o carbono 1 (do grupo aldeído) livre. Nesse contexto, quanto mais ramificada for a cadeia, mais sítios de ação estarão disponíveis para ação das enzimas. Se olharmos a Figura 2, veremos que a amilopectina possui ramificações e por isso, é a “parcela” do amido digerida mais rapidamente (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Com isso, podemos afirmar que dependendo da composição do amido do alimento que estamos consumindo, a digestão poderá ser mais lenta ou mais rápida, conferindo maior ou menor grau de saciedade.

Na tabela a seguir, estão elencados alguns alimentos ricos em amido e sua composição frente a amilose e amilopectina.

TABELA 4 – CONTEÚDO DE AMIOLOSE E AMILOPECTINA DE DIVERSOS AMIDOS DE PLANTAS

Planta	Amilopectina %	Amilose %
<i>Milho</i>	76	24
<i>Batata</i>	80	20
<i>Arroz</i>	81,5	18,5
<i>Trigo</i>	75	25
<i>Mandioca</i>	83,3	26,7

FONTE: Adaptado de Shills et al. (2009)

Ainda com relação ao amido, esse é insolúvel em água fria, podendo sofrer mudanças quando aquecido, em um processo conhecido como gelatinização. Com relação à celulose, essa possui ligações também entre o carbono 1 e 4, todavia na configuração beta, sem ramificações. As ligações betas não são hidrolisadas pela alfa amilase, existente no trato gastrointestinal humano, mas sim pela celulase quando secretada por bactérias, fungos e outros protistas, alguns dos quais agem simbioticamente no estômago de ruminantes (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

A quitina, assim como a celulose possui ligações beta 1,4, não podendo ser digerida por células humanas, a diferença entre elas consiste na substituição da hidroxila do C2, por um grupo aminoacetilado (NHCCCH_3). Essa molécula é o principal componente do exoesqueleto dos artrópodes (insetos, caranguejos, lagostas, camarões).

2.4.2 Heteropolissacarídeos

Se considerarmos o termo hetero, já podemos imaginar estruturas diferentes, isso? Exatamente, os heteropolissacarídeos são formados por 2 ou mais tipos de monossacarídeos, e são as estruturas que dão suporte extracelular para as paredes celulares de todos os reinos. Um exemplo são os peptidoglicanos que compõem com rigidez a parede celular de bactérias. Também possuem ligações 1,4 beta, entre n-acetilglicosaminas e ácido n-acetilmurâmico.

Ainda em algumas espécies de algas vermelhas, há outro heteropolissacarídeo, o ágar, compostos por D-galactose e derivados de L-galactose, ligados nas posições C3 e C6. Possui em sua estrutura, moléculas de sulfato e piruvato (NELSON; COX, 2008).

2.5 CLASSIFICAÇÃO FISIOLÓGICA DOS CARBOIDRATOS

E então, acadêmico, está conseguindo compreender como a estrutura química de uma molécula impacta diretamente sobre a sua fisiologia? Discutir os carboidratos é sempre muito instigante, considerando que as pesquisas nos demonstram sempre novas interfaces desse macronutriente que, infelizmente, na maioria das vezes é considerado um vilão.

Vamos refletir sobre suas nomenclaturas e processos fisiológicos envolvidos no aproveitamento pelas células humanas.

Com a evolução das pesquisas, vem ficando explícito que parte dos carboidratos não são digeríveis, mas podem ser fermentados no intestino grosso, fornecendo também energia ao organismo, embora claro, em menor escala. Devido a isso, em 2002, a FAO passou a utilizar a nomenclatura carboidrato, disponível para as frações de carboidratos, que por hidrólise, pelas enzimas humanas é absorvido e participa do metabolismo. Determinando nessa classe o: amido, a sacarose, a lactose, a maltose, a dextrina e a isomaltose. Já, quanto aos carboidratos não disponíveis, que não são degradados pelas enzimas digestivas humanas e que podem ser fermentados pela microbiota intestinal, se enquadram: os polissacarídeos não amido (veremos nas fibras alimentares), dextrinas resistentes, oligossacarídeos (prebióticos) e amido resistente (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Em 1997, a FAO sugeriu não utilizar mais a nomenclatura de carboidratos simples e complexos, pois, com estudos sobre o aproveitamento do amido, foi observado que alguns tipos eram rapidamente absorvidos e outros não, podendo causar confusão no uso dessa nomenclatura mais simplificada, e orientou usar o nome químico de cada composto, conforme tabela a seguir.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DOS CARBOIDRATOS

Propriedades fisiológicas	Açúcares	Oligossacarídeos disponíveis	Amidos disponíveis	Oligossacarídeos não glucanos	Amido resistente	Polissacarídeos não amido
<i>Fornece energia.</i>	X	X	X	X*	X*	X*
<i>Aumenta saciedade.</i>						X
<i>Fonte de AGCC (ácidos graxos de cadeia curta).</i>				X	X	X
<i>Aumenta o volume fecal.</i>					X	X
<i>Altera o balanço da microflora (pré-biótico).</i>				X		
<i>Abaixa o colesterol.</i>						X
<i>Aumenta a absorção de cálcio</i>				X		

* o fator de energia para fibra alimentar fermentável é de 8 KJ/g (2 kcal/g)

FONTE: Adaptado de Cummings e Stephen (2007) e Roberfroid *et al.* (2010)

3 FONTES ALIMENTARES, ASPECTOS FISIOLÓGICOS, NECESSIDADES DIÁRIAS

Caro acadêmico, agora, começaremos a aprofundar os conteúdos trazendo para a prática onde encontramos e como metabolizamos os alimentos que possuem carboidratos. Você sabe qual o carboidrato mais abundante na natureza, aquele que consumimos em maior quantidade por ser mais presente na natureza?

3.1 FONTES ALIMENTARES

Ele mesmo, o amido (amilose e amilopectina), que representa aproximadamente 60% dos carboidratos totais de uma dieta diversificada, seguido pelos dissacarídeos sacarose (30%) e lactose (10%). Se mencionamos que o amido está tão presente em nossa alimentação, assim, onde o encontramos? Eis que ele está: no arroz, inhame, mandioca, milho, trigo, batata e feijão.

Por sua vez, a sacarose pode ser encontrada na cana de açúcar, beterraba e abacaxi, e a lactose nos leites e derivados. A maltose é encontrada em menor disponibilidade e é derivada do amido (trigo e cevada germinados). Já a glicose e a frutose livres são encontradas no mel e nas frutas.

Com relação à quantidade de carboidrato a ser consumida diariamente, você já deve ter visto na Unidade 1, mas, lembrando, a recomendação pela DRI (2002) é de 45 a 65% do total de kcal consumidas pelo indivíduo, ou considerando a recomendação de g/kg de peso, para pessoas saudáveis é de aproximadamente 3 a 5 g/kg de peso (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

3.2 ASPECTOS FISIOLÓGICOS

Conforme vimos anteriormente, o amido é o carboidrato mais abundante nos alimentos e a digestão dele, e demais carboidratos inicia na boca, pela enzima alfa-amilase salivar. Todavia, como o alimento permanece pouco tempo na cavidade oral, essa fase da digestão acaba por ter pouca influência, até porque, a alfa-amilase é normalmente inativada pelo pH estomacal ácido, sendo que na boca o mais importante é a quebra mecânica do alimento e a hidratação com a saliva. Cabe destacar que no estômago, o amido e a proteína podem inativar a acidez e permitir com isso a continuação da ação da amilase salivar (SHILLS *et al.*, 2009).

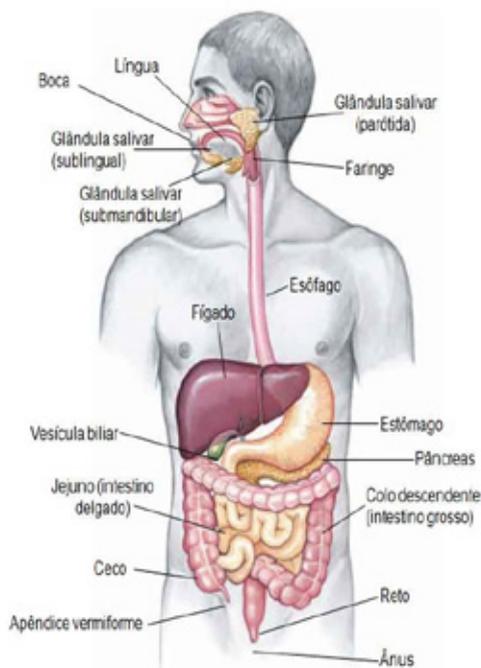
Já no intestino, mais precisamente no duodeno, com pH próximo a 7,0 (básico), devido à ação do bicarbonato, o amido intacto ou parcialmente quebrado entra em contato com a amilase liberada pelo pâncreas (alfa-amilase pancreática), a qual tem sua atividade ótima com pH 7,0, hidrolisando as ligações glicosídicas

1,4 lineares, dando origem a dextrina limite (com oito unidades monoméricas de glicose, com ligações 1,6), que, por sua vez, ao ser hidrolisada pela glicoamilase, dá origem a uma unidade de glicose, proveniente da extremidade não redutora de um oligossacarídeo alfa 1,4.

Ainda nesse processo, temos a maltose e a maltotriose, que são degradadas em glicose livre por dissacaridases, degradadas e presentes na borda em escova dos enterócitos, sendo elas a maltase que age sobre a maltose, derivando em duas moléculas de glicose, a sacarase que age sobre a sacarose para produzir glicose e frutose e a lactase que age sobre a lactose, derivando na glicose e galactose (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

A figura a seguir mostra o sistema digestório humano, para que você possa relembrar a localização de cada órgão.

FIGURA 3 – SISTEMA DIGESTÓRIO



FONTE: <<https://planetabiologia.com/wp-content/uploads/2015/09/Sistema-Digest%C3%B3rio.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

3.2.1 Absorção

Vamos lembrar um pouquinho a fisiologia do sistema digestório? Você se recorda dos transportadores de nutrientes presentes no trato digestório?

Então, há duas famílias de transportadores de monossacarídeos que levam as moléculas do intestino até a circulação, são elas: os transportadores ativos de glicose, (cotransporte de sódio e glicose – *sodium glucose transporters 1 and 2* – SGLT 1 e 2), movendo a glicose contra o gradiente de concentração; e os transportadores passivos de glicose (GLUT – transportador de glicose), os quais tem sua atuação específica em cada tecido.

Os SGLTs 1 e 2 são transportadores expressos nas células epiteliais da membrana apical, sendo que os rins e o intestino são os dois principais órgãos com funções específicas de transporte. No túbulo proximal, nos rins, a glicose é captada e filtrada retornando ao sangue e no intestino os monossacarídeos são captados provenientes da digestão. Depois desse processo orquestrado pelos SGLTs, a glicose passa a ser transportada pela membrana basolateral por difusão facilitada, através dos GLUT.



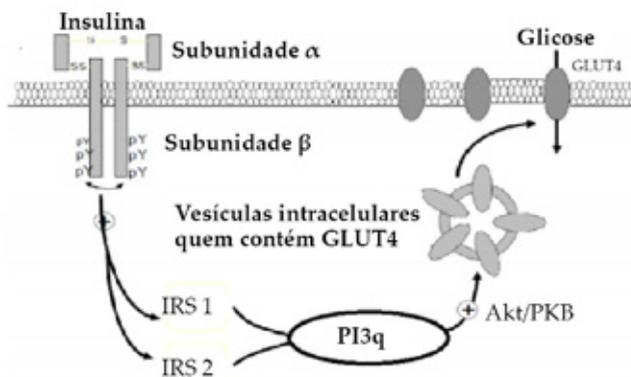
A difusão facilitada é realizada com auxílio de uma família de transportadores conhecidos como GLUT, que são proteínas de membranas encontradas nas células que transportam a glicose através do seu gradiente de concentração. Em humanos já foram identificados diferentes tipos de GLUT, até o momento são 12, sendo que os cinco principais são do GLUT 1 ao GLUT 5, enumerados conforme a ordem de descoberta (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Para entendermos um pouquinho melhor a importância desse transportador, discorreremos sobre os cinco principais, acompanhe:

- GLUT 1: sua distribuição é ampla, está presente no coração, rins, células adiposas, fibroblastos, placenta, retina e cérebro (parte importante da barreira hematoencefálica), havendo pequena quantidade no fígado. Esse transportador apresenta alta eficiência quando a demanda de glicose é maior que a oferta.
- GLUT 2: é preferencialmente expresso no fígado, nos rins, intestino delgado e nas células beta-pancreáticas secretoras de insulina. Também transporta galactose, manose e frutose. É mais eficiente no transporte da glicose proveniente de um processo de gliconeogênese para a circulação sanguínea.

- GLUT 3: está presente no cérebro, rins e na placenta. Transportador cerebral de glicose, sendo expresso principalmente nos neurônios. Além disso, é presente nos espermatozoides, todavia com baixa afinidade pela glicose.
- GLUT 4: esse transportador é o mais sensível a ação da insulina, sendo, por isso, o principal transportador de glicose dos tecidos sensíveis a insulina, desde a gordura marrom e branca, até a musculatura esquelética e cardíaca, importantes na regulação do metabolismo. Nas células há grandes quantidades de GLUT 4 armazenadas em vesículas, as quais são liberadas da vesícula para a membrana (translocação) quando a insulina se liga ao seu receptor na célula, realizando com isso o transporte da glicose para dentro na célula. Após a ação da insulina, os transportadores são reciclados para dentro das vesículas (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

FIGURA 4 – VIA DE SINALIZAÇÃO DA INSULINA



FONTE: Bhattacharya *et al.* (2007) *apud* Freitas, Ceschini e Ramallo (2014)



Devido ao mecanismo de ação do GLUT 4, sua regulação e funcionamento, esse é um componente essencial na captação de glicose e, portanto, seu envolvimento no desenvolvimento do diabetes é muito estudado (SHILLS *et al.*, 2009).

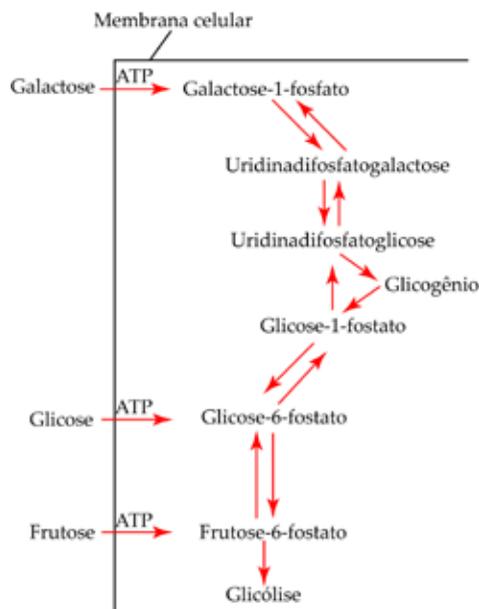
- GLUT 5: está presente principalmente no jejuno e é transportador preferencial de frutose, pois tem menos afinidade pela glicose. Também encontrada em concentrações elevadas nos espermatozoides (os quais têm a frutose como fonte energética). Destaca-se aqui que esse transportador tem baixa expressão no pâncreas, tendo dessa forma, nenhum efeito sobre a estimulação de secreção de insulina (SHILLS *et al.*, 2009).

Além dos transportadores brevemente descritos, nos últimos anos, novos transportadores de glicose vêm sendo identificados do GLUT 6 ao GLUT 14, mas nem todos com seu funcionamento investigado, revelando uma complexidade maior do que a que se imaginava no metabolismo dos carboidratos, desde seu armazenamento ao transporte.

3.2.2 Metabolismo

Como vimos anteriormente, a unidade absorvida preferencialmente pelas nossas células e utilizada como fonte energética é a glicose (80%). E o que você acha que acontece com a galactose e a frutose (monossacarídeos como a glicose)? Após a absorção dessas unidades, ambas são rapidamente convertidas em glicose no fígado através das células hepáticas que possuem enzimas específicas para conversão desses monossacarídeos.

FIGURA 5 – CÉLULA HEPÁTICA E INTERCONVERSÃO ENTRE OS MONOSSACARÍDEOS



FONTE: <<https://www.studocu.com/en/document/universidade-do-estado-do-para/metabolismo-e-nutricao/summaries/resumo-moidulo-5-principios-de-bioquimica-de-lehninger/4523038/view>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Após a captação da glicose para o interior da célula, ela pode ser imediatamente utilizada como fonte energética ou ser armazenada sob a forma de glicogênio, forma essa que permite o armazenamento de grandes quantidades de carboidratos sem alterar a pressão osmótica, pois não ficam no meio intra e extracelular.

O fígado e os músculos são os órgãos que tem maior capacidade de reservar o carboidrato em excesso. Nos momentos de carência, o glicogênio dos músculos é utilizado para execução das atividades diárias e/ou exercícios, por sua vez, o glicogênio hepático é direcionado para a corrente sanguínea para manter a glicemia. O fígado tem capacidade de manter as reservas de glicogênio por até 18h em situação de jejum.

O controle de regulação desse metabolismo da glicose é realizado minuciosamente por enzimas que regulam as fosforilações e desfosforilações sobre a influência de hormônios, principalmente a insulina e o glucagon (veremos com mais detalhes).

Os processos que envolvem a glicose têm diferentes vias e conseqüentemente nomenclaturas, citam-se a seguir:

- **Glicogênese:** formação de glicogênio a partir de moléculas de glicose, por meio de enzima glicogênio sintase – com estímulo da insulina, a degradação do glicogênio, catalisada por 3 enzimas: fosforilase, 1,4-1,4-glucano transferase e a amilo- 1,6 glicosidase. Com estímulo da epinefrina e glucagon.
- **Glicólise:** via mais importante de liberação de energia a partir da glicose. Ao final desse processo que envolve 10 reações químicas sucessivas divididas em dois estágios, temos a geração de suas moléculas de ácido pirúvico que fornecerão energia (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).



A frutose, a galactose e a manose também podem ser utilizadas na via glicolítica (glicólise), após serem convertidas em glicose-6-fosfato, frutose-6-fosfato ou frutose-fosfato. Posterior a etapa da formação do ácido pirúvico há a conversão desse em Acetil-CoA o qual é convertido no Ciclo de Krebs (lembra desse ciclo visto na disciplina de Bioquímica Básica e Metabolismo) (NELSON; COX, 2008).

3.2.3 Homeostase da glicose

A homeostase da glicose é muito importante, pois o cérebro depende de suprimento contínuo de glicose para desenvolver suas funções, embora possa se adaptar, utilizando corpos cetônicos como fonte energética, os quais são derivados do metabolismo dos lipídios. Acadêmico, você lembra do órgão principal responsável pelo metabolismo da glicose? Eis que é ele, nosso tão importante fígado, pois é o primeiro a receber a glicose quando consumimos pão, por exemplo, proveniente do intestino delgado, sendo que a homeostase da glicose é alcançada por meio da delicada interação entre hormônios pancreáticos e viscerais.

TABELA 6 – HORMÔNIOS REGULADORES DA GLICOSE SANGUÍNEA

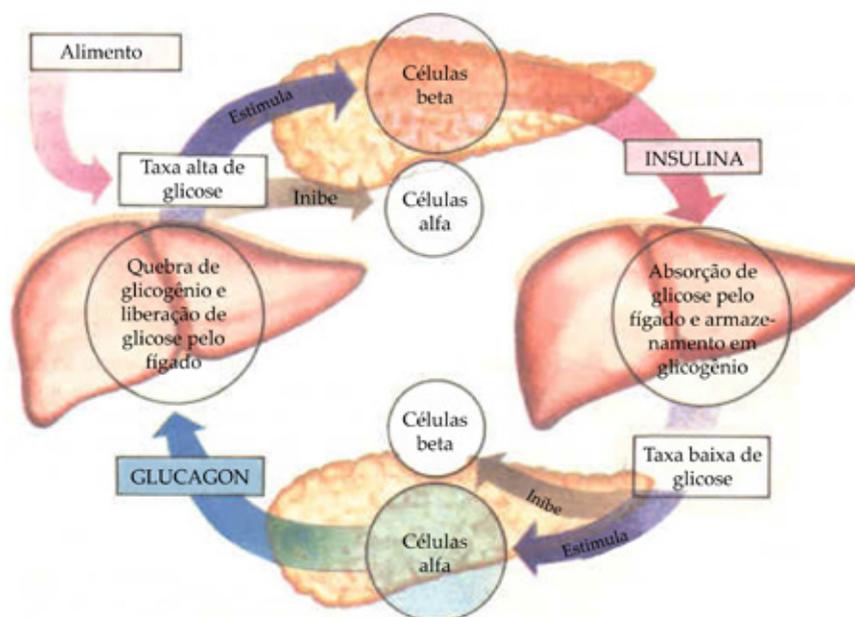
HORMÔNIO	ORIGEM	EFEITO SOBRE A GLICOSE SANGUÍNEA	ÓRGÃO DE AÇÃO	EFEITO GERAL SOBRE O ÓRGÃO OU TECLADO
Insulina	Pâncreas	Diminui	Fígado, músculos e tecido adiposo	Aumenta a síntese de glicogênio; suprime a gliconeogênese; aumenta a captação de glicose pelos músculos e tecido adiposo.
Glucagon	Pâncreas	Aumenta	Fígado	Aumenta a quebra de glicogênio; com liberação de glicose pelo fígado; aumenta a gliconeogênese.
Cortisol	Glândula adrenal	Aumenta	Fígado, músculos	Aumenta a gliconeogênese pelo fígado; diminui a utilização de glicose pelos músculos e outros órgãos.
Epinefrina e norepinefrina	Glândula adrenal em terminações nervosas	Aumenta	Fígado, músculos	Aumenta a quebra de glicogênio, com liberação de glicose pelo fígado. Aumentam a gliconeogênese.
Hormônio do crescimento	Glândula adrenal	Aumenta	Fígado, músculos e tecido adiposo	Diminui a captação de glicose pelos músculos, aumenta a mobilização e a utilização de lipídios, aumenta a liberação de glicose pelo fígado.

FONTE: Adaptado de Shills *et al.* (2008) e Wardlaw *et al.* (2009)

Como pode ser observado no quadro, a insulina é o único hormônio que reduz a glicose presente no sangue, e, por isso, ela é considerada o principal hormônio por esse controle, pois é em resposta à liberação de insulina que os nutrientes são captados e armazenados nas células e nos tecidos, além do estímulo, a síntese de glicogênio, síntese de ácidos graxos e de proteínas no fígado. Inibindo por outro lado os processos glicogenolíticos, proteolíticos, lipolíticos e de gliconeogênese.

De maneira didática, a insulina é liberada na circulação quando consumimos carboidrato, para que possamos absorvê-lo (após o processo digestivo) e, com isso, tenhamos energia nas células, ou façamos depósito desse macronutriente, inibindo, dessa forma, as vias de síntese de glicogênio e os níveis de glicose na corrente sanguínea. Quando não há o consumo de carboidrato por algumas horas, a glicose que é fornecida ao cérebro é mantida através da liberação do glucagon, o qual estimula a quebra de glicogênio armazenado no fígado, resultando na liberação de glicose na corrente sanguínea.

FIGURA 6 – REGULAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE



FONTE: <<https://afh.bio.br/sistemas/endocrino/1.php>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Ainda, os hormônios conhecidos como de reação “lutar e/ou fugir”, epinefrina e norepinefrina, também são liberados na falta de glicose e em situações de stress ou susto e derivam na quebra de glicogênio no fígado e nos músculos, liberando também uma quantidade significativa de glicose na corrente sanguínea (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Interessante essa regulação por hormônios, não é mesmo? E você sabe os valores de glicose por mg/dL que consideramos normais em um exame de sangue em jejum? Acompanhe a tabela a seguir:

TABELA 7 – OBJETIVOS GLICÊMICOS PARA INDIVÍDUOS COM E SEM DIABETES MELITO TIPO 1 NOS DIFERENTES MOMENTOS DO DIA

Glicemia	Não diabético (mg/dL)	Crianças e adolescentes com DM1 (mg/dL)*	Adultos com DM1 (mg/dL)*
Jejum ou pré-prandial	65 a 100	70 a 145	70 a 130
Pós-prandial	80 a 126	90 a 180	< 180
Ao deitar	80 a 100	120 a 180	
Na madrugada	65 a 100	80 a 162	

DM1: diabetes *mellitus* tipo 1

*Segundo a Sociedade Internacional de Diabetes para Pediatria e Adolescência (International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes, ISPAD).

* Segundo a Associação Americana de Diabetes (American Diabetes Association, ADA).

FONTE: DSB (2017-2018, p. 35)

Considerando os dois extremos do controle da glicemia, apresenta-se com hiperglicemia o indivíduo que apresentar valores maiores que 150 mg/dL, a qual promoverá sede, fome, eventual perda de peso, sendo que em quadros mais graves ela é eliminada pela urina. E a hipoglicemia, quando o indivíduo apresenta valores abaixo de 70 mg/dL, tendo como consequência sentir-se nervoso, irritado, com fome, dor de cabeça, podendo evoluir para coma e morte (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).



O consumo frequente e elevado de alimentos fonte de carboidratos disponíveis, fazem com que a glicemia se mantenha elevada, tendo, como consequência, maior concentração de insulina circulante, a qual se mantida sistematicamente elevada pode causar falência nas células betapancreáticas (que sintetizam a insulina), promovendo intolerância à glicose ou resistência insulínica (quando a célula não reconhece a insulina). Essa ação inadequada da insulina e a resposta do organismo frente a ela, promove quadros de hiperglicemia que podem resultar no diabetes melito, o qual é derivado de uma série de distúrbios e alterações genéticas, sendo dividido mais popularmente em diabetes melito tipo 1 e 2, o qual você verá mais detalhadamente em dietoterapia. Mas, podemos aqui destacar a maior diferença entre eles: o diabetes tipo 1 não possui produção de insulina pelas células betapancreáticas, ou seja, necessita administrar insulina exógena para captação da glicose consumida, já no diabetes tipo 2, o pâncreas sintetiza insulina, mas ela tem ação parcial no organismo, que na maioria das vezes apresenta resistência e nesses casos além da reeducação alimentar, são inseridos medicamentos no tratamento (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

4 FIBRAS ALIMENTARES

A definição de fibra alimentar (FA) vem constantemente sendo modificada, devido, principalmente, as suas características físico-químicas, podendo ser definida tanto por seus atributos fisiológicos como pelos químicos. Na década de 1970, a fibra alimentar foi definida por natureza essencialmente nutricional sendo então caracterizada por ser “constituída principalmente de polissacarídeos não amido das plantas, e de lignina, que são resistentes a hidrólise pelas enzimas digestivas humanas” (COZZOLINO; COMINETTI, 2013, p. 136).

Os processos químicos de quantificação de polissacarídeos não amido, a partir do controle do pH, fizeram com que surgisse a divisão entre fibras solúveis e insolúveis, com diferentes propriedades fisiológicas, sendo as fibras solúveis aquelas que afetavam a absorção de glicose e lipídios principalmente, devido à capacidade de formar soluções viscosas e géis, por sua vez, as demais com maior influência sobre o funcionamento intestinal e menor fermentação, foram classificadas como insolúveis.

Cabe destacar que, atualmente, não se aceita mais essa classificação de solubilidade, pois, determinadas fibras classificadas como insolúveis são rapidamente fermentadas e alguns tipos de fibras solúveis não afetam a absorção de glicose.

Dessa forma, de acordo com a evolução das pesquisas, hoje, aceita-se a classificação de fibra alimentar descrita pela American Association Cereal Chemistry (AACC) e do Codex Alimentarius: a fibra da dieta é a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes a digestão e a absorção no intestino delgado de humanos, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra da dieta inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina, e substâncias associadas às plantas. A fibra da dieta promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo atenuação do colesterol do sangue e ou atenuação da glicose no sangue (AACC, 2001).

FA é constituída de polímeros de carboidrato com dez ou mais unidades monoméricas que não são hidrolisadas pelas enzimas endógenas no intestino delgado e que podem pertencer a três categorias:

- polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos;
- polímeros de carboidratos obtidos de material cru, por meio físico, químico, ou enzimático e que tenham efeito fisiológico benéfico comprovado sobre a saúde humana;
- polímeros de carboidratos sintéticos que tenham efeito fisiológico benéfico comprovado sobre a saúde humana.



A decisão sobre a inclusão de carboidratos com 3 a 9 unidades monoméricas (oligossacarídeos) na definição de FA deve ser tomada pelas autoridades nacionais. Sendo que a sua inclusão pode propiciar efetiva harmonização global da rotulagem nutricional, não interferindo em sua quantificação e no entendimento do consumidor sobre a função da FA. Até o momento, no Brasil, essa discussão não foi aberta, a qual deverá ocorrer em conjunto com países membros do Mercosul (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Atualmente, as fibras alimentares então definidas como os carboidratos não disponíveis, são o principal ingrediente utilizado em alimentos funcionais (alimentos com função de benefício de saúde, além de nutrir), constituindo mais de 50% do total de ingredientes utilizados em âmbito mundial. Já no Brasil, é o ingrediente com maior número de alegação de propriedade funcional. Na tabela a seguir são apresentadas as definições e classificações das fibras alimentares.

TABELA 8 – COMPONENTES DA FIBRA ALIMENTAR E SUAS PRINCIPAIS FONTES

COMPONENTES	PRINCIPAIS GRUPOS DE FIBRAS	PRINCIPAIS FONTES
POLISSACARÍDEO NÃO AMIDO	Celulose	Parede celular de plantas: vegetais, farelos e resíduos de beterraba obtidos na produção de açúcar;
	Hemicelulose	Arabinogalctanos, betaglicanos, arabinoxilanos, xiloglicanos: parede celular de vegetais, aveia, cevada;
	Gomas de mucilagem	Galactomananos, goma guar e goma locusta: extratos de sementes. Goma acácia, goma karaya, goma tragacante: exsudatos de plantas. Alginatos, ágar, carragenanas, goma psyllium: polissacarídeos de algas;
	Pectinas	Frutas, vegetais, legumes, batata, resíduo de beterraba obtido na produção de açúcar;
OLIGOSSACARÍDEOS	Frutanos	Inulina, fruto-oligossacarídeo: chicória, yacón, alho, cebola
CARBOIDRATOS ANÁLOGOS	Amido resistente e maltodextrinas resistentes	Leguminosas, milho, batata crua, banana-verde. Fontes de amido gelatinizado e resfriado/congelado
	Sínteses químicas	Polidextrose, lactulose, derivados de celulose (metilcelulose, hidroxipropilmetilcelulose)
	Sínteses enzimáticas	Fruto-oligossacarídeo, levano, goma xantana, trans-galacto-oligossacarídeos, xilo-oligossacarídeos, goma guar hidrolisada
LIGNINA	Lignina	Plantas lenhosas
SUBSTÂNCIAS ASSOCIADAS AOS POLISSACARÍDEOS NÃO AMIDO	Compostos fenólicos proteína de parede celular, oxalatos, fitatos, ceras, cutina e suberina.	Fibras de plantas
FIBRAS DE ORIGEM ANIMAL	Quitina quitosana, colágeno e condroitina	Fungos, leveduras, invertebrados

FONTES: Adaptado de Tunland e Mayer (2002)

As propriedades físico-químicas dessas fibras caracterizam as respostas em cada órgão alvo no nosso organismo, pois há diferenças entre a capacidade de retenção de água, viscosidade, fermentação, ligação e volume de fezes gerados após o consumo alimentar. Além disso, há diferenças também no processo de retardo do esvaziamento gástrico, o qual altera a digestibilidade e promove aumento da saciedade. No intestino delgado pode dificultar a ação das enzimas hidrolíticas, retardando a digestão, aumentando a barreira da camada estacionária de água, permitindo uma absorção mais lenta de nutrientes, como a glicose e ácidos graxos.

Ainda, a absorção de nutrientes pode ser afetada pelo tempo e pela área de contato entre eles e o epitélio, que, por sua vez, é influenciado pelo tempo de trânsito intestinal. Com isso, podemos concluir que a redução do tempo no intestino e o aumento do volume fecal permitem menor contato de substâncias tóxicas com a mucosa, em função da velocidade e da diluição, protegendo nosso trato gastrointestinal dessas substâncias, influenciando diretamente na redução de doenças infecciosas e melhora do sistema imunológica.



O consumo regular de alimentos ricos em fibras pode auxiliar diretamente no trânsito intestinal, pois age contra a constipação, melhorando o fluxo no intestino. Além disso, as fibras também podem servir de alimento para as bactérias benéficas que colonizam o intestino grosso, atuando assim no aumento da imunidade. Outro efeito importante é sua ação no controle do índice glicêmico, pois também atuam diminuindo a velocidade em que os carboidratos serão digeridos, se tornando uma opção imprescindível para diabéticos. As fibras também podem contribuir para uma perda de peso, uma vez que favorecem um aumento prolongado da saciedade. Para ler o artigo completo acesse o link: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0038-1674895>.

Quando falamos em nutrientes, vamos lembrar que não são apenas os macronutrientes, mas também os micronutrientes, e, nesse quesito de retenção de nutrientes junto às FA, a retenção de minerais (cálcio, magnésio, ferro, zinco por exemplo) tem sido discutida em decorrência da biodisponibilidade de alguns elementos ser aparentemente “afetada” por sua ingestão (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

O termo “afetado” pode ser utilizado para as duas variáveis, positiva e/ou negativamente. Alguns autores como Torre, Rodriguez e Saura-Calixto (1991) já relataram que, em muitos casos, o que afeta negativamente a absorção de minerais são os fitatos presentes nos alimentos que possuem fibras alimentares, os quais são reduzidos no processo de cozimento.

Por sua vez, a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) derivada na fermentação dos frutanos (um tipo de fibra alimentar) facilita a absorção do cálcio, melhorando consequentemente o metabolismo ósseo, devido à acidez gerada no meio.

Com relação à “sensação de saciedade” gerada pelas FA, justifica-se, em decorrência da menor velocidade de esvaziamento gástrico devido à presença do alimento no estômago, ou um efeito indireto de hormônios liberados em várias regiões do trato intestinal, podendo resultar em menor ingestão energética. Além

disso, a moderação das concentrações de glicose plasmática por meio da redução da resposta insulínica pós-prandial também pode interferir no fator “saciedade” (BRAND-MILLER *et al.*, 2009; COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Ainda, conforme Cozzolino e Cominetti (2013, p.146):

a FA pode, ainda, afetar a fase cefálica e a gástrica da digestão pela propriedade de formação de volume, enquanto a viscosidade pode afetar tanto a fase gástrica quanto a intestinal; dessa forma, modifica processos de ingestão, digestão e absorção, influenciando a saciação (satisfação que se desenvolve durante a refeição, levando à interrupção dela) e a saciedade (estado que inibe o consumo de nova refeição, consequência da alimentação anterior).

Embora tenhamos visto que caracterizar as fibras como solúveis e insolúveis não seja o mais correto, essa característica de solubilidade nos auxilia na compreensão em entender algumas ações das fibras. Assim, seguindo nesse entendimento da atuação das fibras, entende-se que quanto maior a capacidade de retenção de água, maior será o peso das fezes e menor o tempo de trânsito intestinal, derivando em uma menor absorção de nutrientes e conseqüentemente o menor aproveitamento energético.

Já, referente à motilidade do cólon e à aceleração do trânsito intestinal podem ser explicadas por alguns contextos: como a fermentação (solubilidade em água), que gera aumento na produção de gases e aumento de volume fecal, distendendo a parede da região intestinal estimulando a expulsão das fezes. Além disso, a produção de AGCC também estimula a contração do cólon (CUMMINGS; MACFARLANE, 2002), e efeitos decorrentes do butirato, que é utilizado preferencialmente como fonte de energia pelos colonócitos, o qual determina a atividade metabólica e o crescimento das células, representando proteção para os distúrbios do cólon (ROBERFROID *et al.*, 2010).

Estudos *in vitro* e estudos em animais indicam que o propionato e o butirato auxiliam na manutenção à saúde do intestino e reduzindo fatores de risco envolvidos no desenvolvimento de inflamação intestinal, colite ulcerativa e câncer colorretal (SLAVIN, 2010).



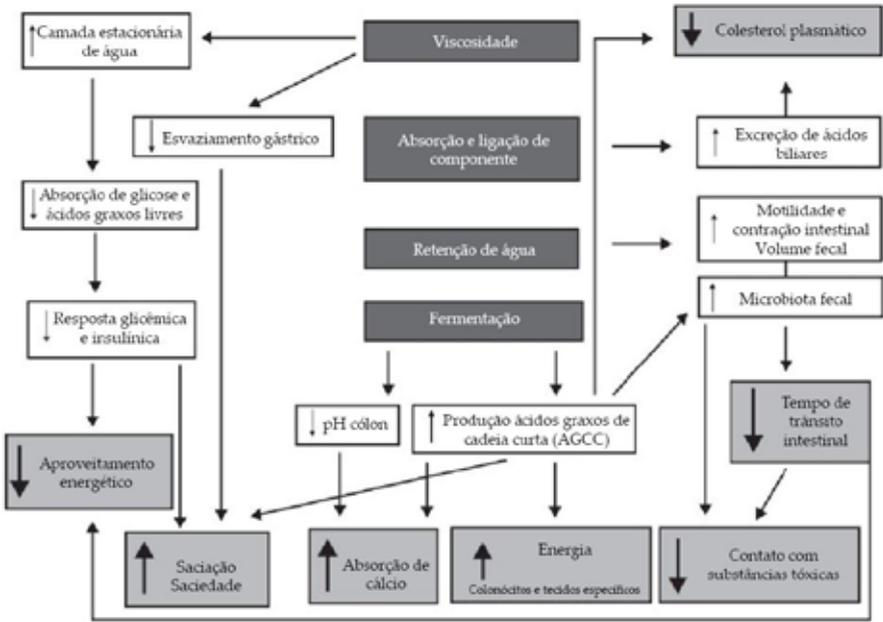
Os grãos integrais de trigo, aveia, cevada e centeio aumentam o peso das fezes e a velocidade do trânsito intestinal, são fermentados e modificam a microbiota intestinal. Em função dos diferentes tipos de carboidratos presentes nos grãos integrais, o processo de fermentação é variado, tanto na velocidade como nos efeitos produzidos. Os carboidratos do farelo de aveia (rico em beta-glicanos) são fermentados mais rapidamente que os do

farelo de centeio e trigo. As fibras dos grãos integrais são fermentadas de forma mais lenta que a inulina, resultando em menor produção de gases. Em humanos, os cereais matinais com grãos integrais (ricos em FOS) têm sido mais efetivos em elevar as concentrações de lactobacilos e bifidobactérias que cereais matinais à base de farelo de trigo (SLAVIN, 2010).

Será que as FA que tem menor solubilidade em água não atuam nos benefícios elencados? Sim, essas FA pouco fermentáveis participam da manutenção da estrutura do bolo fecal no cólon, local onde as fibras mais solúveis já não atuam mais, viabilizando maior capacidade de associação da FA aos ácidos biliares, promovendo maior eliminação dos ácidos biliares, que são compostos por colesterol, gera uma ação que promove efeitos na absorção de lipídios e no metabolismo do colesterol, havendo a necessidade de aumento de síntese desses ácidos a partir do colesterol presente na circulação, reduzindo o mesmo livre na corrente sanguínea. A outra ação dessas FA na redução da síntese de colesterol, acontece a partir da elevação do propionato, um dos AGCC produzidos pela fermentação da FA no intestino grosso (ANDERSON *et al.*, 2009).

É importante destacarmos que esses produtos derivados da fermentação das FA, estimulam a atividade e o crescimento de bactérias benéficas (bifidobactérias e lactobacilos) presentes no intestino, as quais inibem o desenvolvimento das patogênicas. Ações essas que reduzem o risco de desenvolvimento do câncer de cólon e de infecções bacterianas, além de evitar e tratar diarreias (REYED, 2007). Veja na figura a seguir o resumo das ações das FA.

FIGURA 7 – PROPRIEDADES, ATUAÇÃO E IMPLICAÇÕES DA INGESTÃO DE FIBRA ALIMENTAR



FONTE: Cozzolino e Comintetti (2013, p. 147)

LEITURA COMPLEMENTAR

ÍNDICE GLICÊMICO (IG) E CARGA GLICÊMICA (CG)

Dra. Gisele Rossi Goveia

ÍNDICE GLICÊMICO

1 O QUE É?

O índice glicêmico (IG), proposto pelo Dr. David Jenkins, pesquisador da Universidade de Toronto – Canadá, em 1981, representa o efeito sobre a glicemia de uma quantidade fixa de carboidrato disponível de um determinado alimento, em relação a um alimento-controle, que normalmente é o pão branco ou a glicose, por meio da análise da curva glicêmica produzida por 50g de carboidrato (disponível) de um alimento teste em relação a curva de 50g de carboidrato do alimento padrão (glicose ou pão branco). Atualmente utiliza-se o pão branco por ter resposta fisiológica melhor que a da glicose.

2 QUAL A IMPORTÂNCIA DE CONSUMIR ALIMENTOS COM BAIXO IG?

Teoricamente, o que ocorre é que, ao ingerir alimentos com alto IG, o organismo libera grandes quantidades de insulina para tentar manter os níveis de glicose no sangue dentro de limites normais. Este aumento na produção insulínica contribui para menor saciedade após as refeições, podendo levar ao consumo excessivo de alimentos, contribuindo para desenvolver obesidade e piora do quadro de resistência à insulina.

Em 2003, a Organização Mundial de Saúde, concluiu que alimentos de baixo IG, possivelmente diminuem o risco para o desenvolvimento do diabetes do tipo 2, devido ao melhor controle na liberação de insulina, bem como da obesidade, pelo aumento da saciedade, além de não contribuir para consumo excessivo de alimentos na refeição posterior. Ademais, pelo grande teor de fibras das dietas com baixo IG, sobretudo as solúveis, há maior distensão gástrica e consequente elevação da secreção de um hormônio intestinal: a colecistoquinina, que por sua vez, induz a sensação de saciedade. Essas dietas estimulam a oxidação de gordura em detrimento ao carboidrato com consequente redução na deposição de gordura de corpo.

3 COMO IDENTIFICAR IG DOS ALIMENTOS?

Tal índice foi proposto para auxiliar a seleção de alimentos, assim quando alimento controle utilizado é o pão, os alimentos analisados que apresentam $IG < 75$, são considerados de baixo IG. Já os alimentos com $IG > 95$, são considerados de alto IG. Caso o alimento padrão seja a glicose, considera-se alto, $IG \geq 70$, médio $IG 56 - 69$ e baixo $IG < 55$. A recomendação para o uso do IG, **baseia-se,**

principalmente, na substituição de alimentos de alto por baixo IG ao longo do dia. Contudo deve-se considerar os efeitos dos outros alimentos sobre a glicemia, quando se consome uma refeição mista.

4 ONDE ENCONTRAR INFORMAÇÕES SOBRE O IG DOS ALIMENTOS?

A primeira tabela divulgando valores de IG dos alimentos foi publicada em 1981 e continha 62 alimentos, desde então o número de alimentos de todo o mundo, vem sendo amplamente analisados por pesquisadores do Canadá, Austrália e Nova Zelândia. No Brasil, o IG de alguns alimentos como o abacaxi, morango, banana, feijão, arroz e alguns alimentos industrializados, vem sendo analisados pela Professora Dra. Elizabete Wenzel de Menezes, coordenadora da equipe na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (USP).

Para saber mais sobre a resposta glicêmica de alguns alimentos brasileiros, acesse a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos através do link: <http://www.intranet.fcf.usp.br/tabela/lista.asp?base=r>.

CARGA GLICÊMICA (CG)

1 O QUE É?

O conceito sobre carga glicêmica (CG) foi proposto, em 1997, pelo Dr. Salmeron, pesquisador da *Harvard Scholl*. A carga glicêmica (CG) é um produto do índice glicêmico (IG) e da quantidade de carboidrato presente na porção de alimento consumido, comparado com o alimento padrão. Este marcador mede o impacto glicêmico da dieta, sendo calculado pelo produto do IG do alimento pela quantidade de carboidrato, contida na porção consumida do alimento.

Equação: $CG = IG \times \text{teor CHO disponível na porção}/100$

2 COMO IDENTIFICAR A CG DOS ALIMENTOS?

Considerando a glicose como controle, os alimentos podem ser classificados em baixa carga glicêmica ($CG < 10$) e alta carga glicêmica ($CG > 20$).

3 QUAL A IMPORTÂNCIA DE CONSUMIR ALIMENTOS COM BAIXA CG?

As evidências científicas reforçam que o carboidrato é o maior preditor do aumento da glicemia pós refeição, devendo-se considerar qualidade e quantidade deste macronutriente.

O índice glicêmico é uma medida de qualidade do alimento e a carga glicêmica, apesar de ser uma medida que leva em consideração a qualidade e quantidade, controvérsias sobre a validade destes métodos ainda persistem. Existem diversos fatores que interferem na resposta glicêmica dos alimentos, como a procedência do alimento, tipo de cultivo, forma de processamento

e **cocção**, consistência e teor de fibras. Ao recorrer a tabelas, corre-se o risco primeiramente de identificar alimentos que, no caso, não são típicos do Brasil, uma vez que dispomos de tabelas internacionais. Além disso, muitos alimentos com baixo IG, trazem na sua composição altas concentrações de gorduras.

Diante desta situação, vale ressaltar a importância da orientação nutricional realizada pelo nutricionista especialista no atendimento às pessoas com diabetes, no sentido de esclarecer quanto à viabilidade e vantagens na escolha de alimentos com baixo IG e CG.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE IG E CG

Ainda não existe um consenso entre os diversos órgãos de saúde mundiais, sobre a recomendação do índice glicêmico (IG) e carga glicêmica (CG), como estratégia primária para o planejamento do plano alimentar para pessoas com Diabetes Mellitus, pois, questiona-se a relevância e praticidade destes métodos, havendo a necessidade de realização de mais estudos de longa duração com alimentos de baixo IG e CG, no intuito de avaliar seus efeitos na prevenção e tratamento de diversas doenças crônicas não transmissíveis.

Na tabela disponibilizada no link a seguir, você poderá conhecer o IG e CG de alguns alimentos analisados pelo laboratório coordenado pela pesquisadora Dra. Jennie Brand Miller: Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC: International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr* 76:5–56, 2002

FONTE: Sociedade Brasileira de Diabetes: <<https://www.diabetes.org.br/publico/colunistas/96-dra-gisele-rossi-goveia/1267-indice-glicemico-ig-e-carga-glicemica-cg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- Carboidratos são classificados de acordo com as unidades de sacarídeos que possuem e com a capacidade de digestibilidade do intestino humano.
- A glicose, frutose e galactose são os monossacarídeos absorvidos pelo trato digestório e dão origem aos dissacarídeos, como a sacarose, nosso açúcar de mesa, a lactose, açúcar do leite, entre outros.
- As estruturas químicas dos carboidratos interferem diretamente na sua digestão e automaticamente absorção pelas células intestinais.
- Os carboidratos estão presentes em maior quantidade em todos os alimentos de fonte vegetal, frutas, grãos, sementes, verduras, hortaliças e seus derivados (farinha, pães, biscoitos) e em menor quantidade nos leites e derivados.
- A principal função dos carboidratos é fornecer energia ao funcionamento das células, principalmente células do sistema nervoso central e hemoglobinas.
- O controle da utilização dos carboidratos acontece por meio de hormônios que são liberados mediante o estado de nutrição do indivíduo.
- A insulina é o principal hormônio nessa captação da glicose para dentro da célula e o glucagon entre outros hormônios é o responsável pela sua regulação quando em jejum.
- As fibras alimentares são estruturas de carboidratos, ou análogos que não são digeríveis (ou parcialmente digeríveis) pelas células humanas.
- As fibras alimentares possuem diferentes classificações, de acordo com seu tamanho, estrutura, viscosidade e fermentação, características essas que permitem as fibras realizarem os benefícios à saúde do ser humano, como prevenção da obesidade, redução do colesterol, controle do diabetes e prevenção de alguns tipos de cânceres.
- Índice glicêmico e carga glicêmica são variáveis bastante utilizadas em protocolos de controle de peso e diabetes, pois respondem principalmente a qualidade do carboidrato consumido e sua digestibilidade.



1 Ao consumirmos alimentos que contém carboidrato, utilizamos a glicose proveniente desses alimentos como primeira fonte de energia. Por vezes não utilizamos tudo o que consumimos e o organismo armazena a glicose. Também há momentos em que o organismo obtém de outras fontes a energia necessária para sobreviver. Em relação a esta afirmação, assinale a opção INCORRETA.

- a) () A gliconeogênese é o processo pelo qual o organismo obtém glicose a partir de outras fontes que não o carboidrato.
- b) () A glicólise é o processo de quebra do glicogênio armazenada nos músculos.
- c) () Glicogênio é a forma de armazenamento da glicose nos músculos e fígado.
- d) () A glicose é quantitativamente o principal substrato oxidável para maioria dos organismos.
- e) () Além de ser armazenada no fígado e músculos, a glicose também pode ser transformada em gordura.

2 Considere o texto a seguir e assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas:

Na dieta humana normal, existem três fontes principais de carboidratos: _____, que é o dissacarídeo conhecido popularmente como açúcar da cana-de-açúcar; _____, um dissacarídeo encontrado no leite; e o _____, que consistem em grandes polissacarídeos presentes em quase todos os alimentos não-animais e, em particular, nos cereais:

- a) () amilose / lactose / celulose.
- b) () sacarose / lactose / amido.
- c) () lactose/ glicogênio / ácidos.
- d) () glicose / lactose / glicogênio.
- e) () sacarose / lactose / amilase.

3 Com relação às vantagens, à saúde do organismo e à manutenção da flora microbiana pelo consumo das fibras alimentares, analise as assertivas:

- I- Previne a colonização do organismo por microrganismos patogênicos.
- II- Aumentar a absorção de minerais como o cálcio.
- III- Aumenta a absorção de glicose.
- IV- Manutenção do equilíbrio do sistema imunológico.
- V- Redução na síntese de colesterol.

Assinale a alternativa que aponta a alternativa CORRETA.

a) () Todas estão corretas

b) () II, III e IV.

c) () I, IV e V.

d) () II, III, IV e V.

e) () I, II, IV e V.

4 O metabolismo dos carboidratos também pode ser regulado por hormônios.

Cite três hormônios hiperglicemiantes e um hormônio hipoglicemiante:



PROTEÍNAS

1 INTRODUÇÃO

Acadêmico, dando continuidade na explanação dos macronutrientes, suas funções, fontes e digestibilidade, iremos, neste tópico, desmembrar as proteínas. Inicialmente, veremos as unidades que formam as proteínas e seus componentes químicos, bem como suas particularidades de funções. Após, discutiremos as funções gerais das proteínas e os alimentos onde as encontramos.

Além disso, você poderá percorrer um conteúdo que direciona as fontes alimentares com melhor digestibilidade e, por consequência, aproveitamento desse nutriente, assim como o processo de digestão, absorção e excreção (metabolismo) das proteínas e quantidades de consumo.

Para iniciar, vamos refletir... o que nos vem em mente quando pensamos em proteína? Carne, músculo, força? Entre muitas funções e fontes essas opções estariam corretas, mas vamos nos aprofundar um pouquinho mais.

Você sabia que aproximadamente 20% do peso corporal de um homem é composto por proteínas? Se considerarmos um homem de 100 kg, 20 kg seriam apenas de proteínas, as quais estariam distribuídas nas diferentes estruturas de um tecido (colágeno, queratina, albumina, actina, miosina) exercendo diferentes funções, como de estrutura, reações enzimáticas, hormonal, contração, imunidade... e assim por diante, como veremos a seguir.

Parecem bem dinâmicas, não é mesmo? E o são. As proteínas são polímeros complexos, compostos por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio em sua estrutura química, os quais são nominados de aminoácidos, dependendo do radical que se acopla nesse esqueleto de carbono.

2 AMINOÁCIDOS

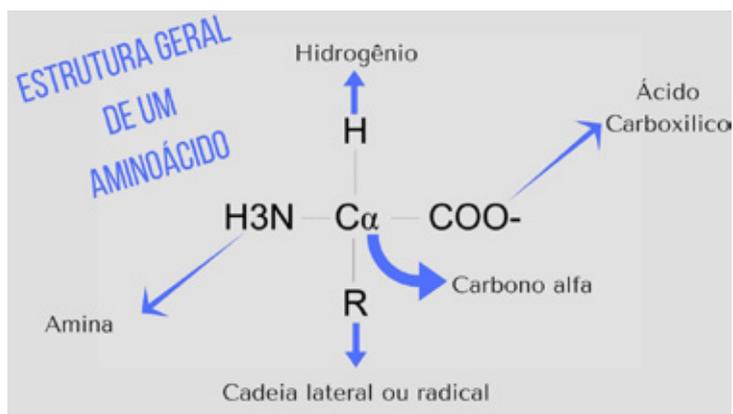
“As proteínas são cadeias de tamanho e configurações variados, formadas pela ligação de 20 aminoácidos diferentes. A sequência desses aminoácidos na cadeia é determinada pelo ácido desoxirribonucleico (DNA), por meio dos processos de transcrição e tradução” (COZZOLINO; COMINETTI, 2013, p. 3).

Com isso, destaca-se que o processo evolutivo das espécies humanas vem de encontro a síntese de proteínas orquestrado pelo DNA, por meio desses 20 aminoácidos que, de acordo com sua sequência, definem inúmeras características de um indivíduo.

Conforme vimos anteriormente, os aminoácidos são formados por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e, por vezes, enxofre. Um alfa-aminoácido consiste em um grupo amina, um grupo carboxila, um átomo de hidrogênio e um grupo R (cadeia lateral), todos estando ligados a um átomo de carbono, denominado carbono alfa.

Na figura a seguir, poderemos observar a estrutura básica de um aminoácido, essa é a molécula responsável por estruturar uma proteína com suas características e conseqüentemente funções.

FIGURA 8 – ESTRUTURA BÁSICA DE UM AMINOÁCIDO



FONTE: <<https://biologiaparaavida.files.wordpress.com/2018/03/hidrogc3aanio-1.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Na natureza existem mais de 300 aminoácidos desses, conforme mencionado anteriormente, apenas 20 compõem as proteínas, os quais diferem em sua composição, apenas no radical (cadeia lateral), as quais quando agregadas determinam as propriedades das proteínas sendo a base de todas as funções diversas e complexas das proteínas. A escolha desses 20 aminoácidos, provavelmente, no curso da evolução, ocorreu de forma natural, ao acaso, todavia de forma muito assertiva, considerando a versatilidade química que eles fornecem.

Esses 20 tipos diferentes de aminoácidos são classificados de acordo com sua presença endógena ou necessidade de consumo exógeno. Nove aminoácidos são indispensáveis, pois não podem ser sintetizados pelo organismo, dessa forma, precisam ser consumidos pela alimentação. Os demais aminoácidos são dispensáveis ou condicionalmente indispensáveis. Os aminoácidos condicionalmente indispensáveis são aqueles que necessitam ser ingeridos por

meio de uma fonte alimentar, quando a síntese endógena não alcança a necessidade metabólica do organismo, em momentos de desequilíbrio, e os dispensáveis são aqueles que o organismo produz a partir de fontes endógenas, sem necessidade de fontes exógenas.

TABELA 9 – AMINOÁCIDOS INDISPENSÁVEIS, DISPENSÁVEIS E CONDICIONALMENTE INDISPENSÁVEIS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

Indispensáveis	Dispensáveis	Condicionalmente indispensáveis	Precusores de condicionalmente indispensáveis
Histidina	Alanina	Arginina	Glutamina/glutamto, aspartato
Isoleucina	Ácido aspártico	Cisteína	Metionina, serina
Leucina	Asparagina	Glutamina	Ácido glutâmico/âmonia
Lisina	Ácido glutâmico	Glicina	Serina, colina
Metionina	Serina	Prolina	Glutamato
Fenilalanina		Tirosina	Fenilalanina
Treonina			
Triptofano			
Valina			

FONTE: Adaptado de Laidlaw e Kopple *et al.* (1987) *apud* Cozzolino e Cominetti (2013)

Aminoácidos condicionalmente indispensáveis são definidos como aqueles que necessitam ser ingeridos por meio de uma fonte alimentar quando a síntese endógena não alcança a necessidade metabólica do organismo. Apesar de o aminoácido histidina ser caracterizado como indispensável, ele difere dos demais aminoácidos indispensáveis, uma vez que sua retirada total da alimentação não promove prontamente a redução da deposição proteica e a ocorrência de balanço nitrogenado negativo.

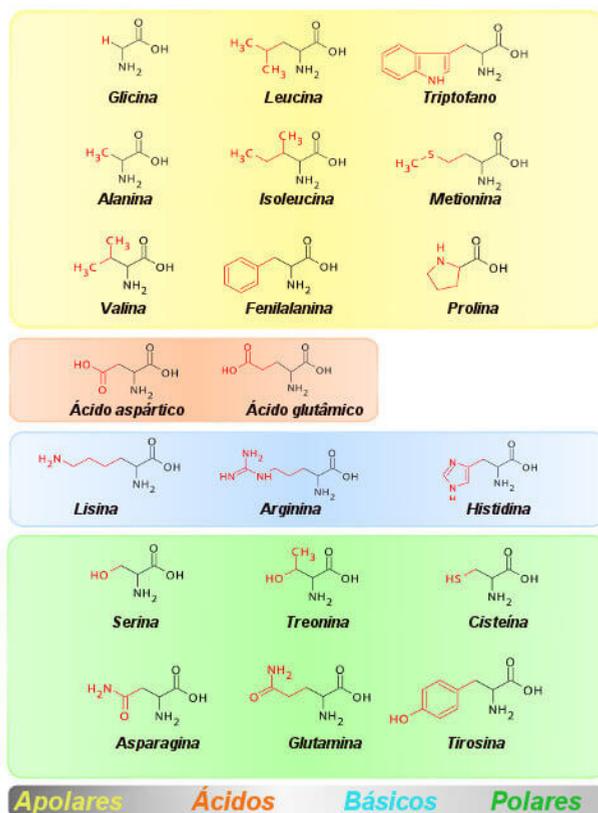


Desde o nascimento, o ser humano precisa ingerir proteínas e as principais fontes proteicas da alimentação incluem leite, carnes, ovos, cereais e leguminosas. O Banco Mundial estima que existam cerca de 967 milhões de indivíduos subnutridos no mundo, sendo que o consumo insuficiente de proteínas ainda causa o retardo de crescimento de metade das crianças na região centro-sul asiática e no leste da África. Destaca-se que recentemente foi descrito um novo aminoácido, a selenocisteína, sendo então descritos 21 aminoácidos para compor as proteínas (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Conforme a carga elétrica e o grupamento radical dos aminoácidos são estabelecidas a polaridade, solubilidade e reatividade química, a qual determina as ligações com o hidrogênio, classificando os aminoácidos como alifáticos, apolares sem anel aromático (alanina, isoleucina, leucina, metionina, prolina e valina) e os aromáticos (fenilalanina, triptofano e tirosina), que são hidrofóbicos (não tem afinidade pela água). Os aminoácidos polares carregados (lisina, arginina, histidina, aspartato e glutamato) que são mais solúveis em água do que os polares não carregados, que possuem polaridade intermediária.

Além da polaridade e carga, os aminoácidos são classificados de acordo com as propriedades ácido básicas. As moléculas de aminoácidos são consideradas anfóteras, ou seja, apresentam um grupamento ácido (COOH) e um grupamento básico (NH₂) ligados ao carbono quiral. Em ambientes com pH neutro, permanecem ionizados, estabelecendo uma característica dipolar, na quais, as cargas positivas e negativas se anulam, todavia quando uma molécula dipolar está em meio ácido (H⁺), seus agrupamentos (COO⁻) ficam protonados (COOH), sobrando cargas positivas dos grupamentos amina (NH₃⁺), sendo que em situação contrária, ou seja, em meio básico (OH⁻), os grupamentos amida permanecem desprotonados (NH₂), sobrando cargas negativas do grupamento carboxila (COO⁻).

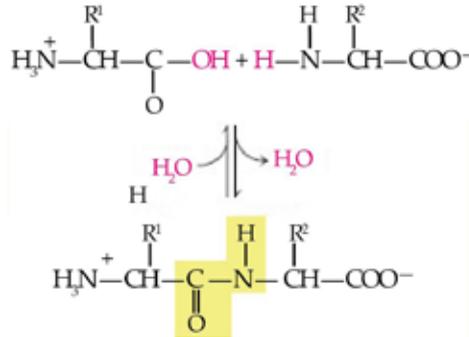
FIGURA 9 – CLASSIFICAÇÃO DOS AMINOÁCIDOS DE ACORDO COM OS GRUPAMENTOS DE SUAS CADEIAS LATERAIS



FONTE: <<https://s3.static.brasilecola.uol.com.br/img/2019/04/vinte-aminoacidos.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

É importante destacar que as propriedades das cadeias laterais dos aminoácidos determinam propriedade das proteínas constituídas por esses aminoácidos, sendo a base das funções das proteínas. A ligação peptídica é a ligação covalente entre os aminoácidos, conforme a figura a seguir, acontecendo entre o grupo α -amina de um aminoácido e o grupo α -carboxila de outro.

FIGURA 10 – LIGAÇÃO PEPTÍDICA



FONTE: <<https://sciencenightclub.files.wordpress.com/2016/03/5c4a4-ligac3a7c3a3o-peptidica1.png>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Com a ligação dos aminoácidos, temos a formação dos peptídeos, polímeros de aminoácidos. O tamanho dos polímeros variará de acordo com as moléculas de aminoácidos, pois, de acordo com o número de aminoácidos ligados, podemos classificá-los em:

- Dipeptídeos: quando são formados por dois aminoácidos.
- Tripeptídeos: quando são formados por três.
- Tetrapeptídeos: quando são formados por quatro aminoácidos.
- Polipeptídeo: quando temos vários aminoácidos ligados.

Ainda, as proteínas são caracterizadas de acordo com a sua forma estrutura, primária, secundária, terciária e quaternária. A estrutura primária é composta por aminoácidos ligados linearmente por meio das ligações peptídicas que resultam na liberação de uma molécula de água. Nas estruturas secundárias, há a presença de aminoácidos com diferentes polaridades, induzindo a rotação nos ângulos formados entre os átomos que compõe o peptídeo. Em geral, duas formas de estrutura secundária são encontradas: helicoidal e folha beta. Por sua vez, a estrutura terciária se configura por possuir enovelamento da cadeia polipeptídica, possuindo segmentos de cadeias com estruturas secundárias, com objetivo de minimizar a energia livre da molécula, já que permite esconder ainda mais os resíduos hidrofóbicos, não estando esses, portanto, em contato com a água. Por fim, a estrutura quaternária é referente ao rearranjo espacial de duas ou mais cadeias com estrutura terciária, tendo o mesmo objetivo de reduzir a exposição de resíduos hidrofóbicos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

FIGURA 11 – ESTRUTURAS DE UMA PROTEÍNA



FONTE: <<https://www.euquerobiologia.com.br/site/wp-content/uploads/2017/12/tipos-estruturas-proteinas1.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

3 FUNÇÕES E FONTES ALIMENTARES

As proteínas são macronutrientes presentes principalmente nos alimentos de origem animal, como a carne, ovos, leite e derivados, além dos cereais, leguminosas e oleaginosas. Na sequência, destacaremos as principais proteínas alimentares:

- Leite: o leite possui aproximadamente 3,6 g de proteína, a cada 100 mL do produto, as quais são consideradas proteínas de alto valor biológico, sendo elas a caseína (80%) e proteínas do soro, como as betalactoglobulinas, albuminas séricas e imunoglobulinas (20%). A digestibilidade das proteínas provenientes do leite e derivados varia entre 90 a 98%.



Proteínas de alto valor biológico: são as proteínas que possuem alta digestibilidade (aproveitamento pelo organismo) e possuem os aminoácidos classificados como indispensáveis.

- Cereais: os cereais, como trigo, aveia, cevada e arroz, possuem aproximadamente de 10 a 15% de proteínas, sendo a maior parte delas prolaminas e glutelinas, que constituem de 80 a 85% das proteínas presentes no endosperma, e são relevantes na alimentação humana. A digestibilidade das proteínas dos cereais, é de aproximadamente 50 a 70%. Podemos destacar nas proteínas do trigo, as proteínas de reserva, o glúten, que é um complexo formado por 75% de proteínas (gliadinas e gluteninas), 15% de carboidratos, 6% de lipídios e 0,8% de minerais.

Quando falamos em glúten, o que lhe vem à mente? A doença celíaca? A grande comercialização de produtos sem glúten? Glúten engorda? Pois então, essas proteínas têm uma importância significativa na produção de alimentos, já que em associação aos lipídios, são responsáveis pelas propriedades de coesividade e elasticidade de uma massa (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

- Leguminosas: primeiramente, vamos lembrar quem são as leguminosas, são elas: feijões, soja, ervilhas, amendoim, grão-de-bico e lentilhas, que possuem um teor proteico elevado, variando de 20 a 40% da composição total. A maior parte é constituída por globulinas (de 60 a 90%) e albuminas. A digestibilidade das proteínas das leguminosas pode variar de 50 a 90%, dependendo da variedade e das condições de processamento. É sempre importante destacar que, tais alimentos possuem fatores antinutricionais, que devem ser inativados pelo processamento térmico na preparação. A maior parte das farinhas de leguminosas processadas termicamente ainda contém de 5 a 20% dos inibidores de tripsina e quimiotripsina presentes no grão integral (FRIEDMAN, 1996).
- Ovos: os ovos de galinha são compostos por casca, gema e clara, contendo, respectivamente, 4, 17, 4 e 10,5% de proteínas. A ovoalbumina é a principal proteína da clara (54%) e facilmente desnaturada pela agitação, todavia resistente ao tratamento térmico em pH neutro. Ainda, ovotransferrinas representam 12% das proteínas da clara, e a sua complexação com ferro, confere à proteína maior estabilidade estrutural e propriedades bacteriostáticas.

A gema de ovo é uma emulsão na qual gotículas de lipídios estão dispersas em uma fase aquosa. As proteínas da gema contêm cerca de 50% de sólidos, com uma relação lipídio:proteína da ordem de 2:1. As proteínas dos ovos apresentam valor nutricional elevado em função da adequação de seus aminoácidos essenciais às necessidades humanas e à digestibilidade elevada (CHUNG; FERRIER, 1991; COZZOLINO; COMINETTI, 2013).



"As proteínas dos ovos devem ser desnaturadas antes do consumo, em função das propriedades antinutricionais conferidas pelos inibidores enzimáticos (ovomucóide e ovoinibidor), pela quelação de metais (ovotransferrina) e pela complexação com biotina" (COZZOLINO; COMINETTI, 2013, p. 15).

4 DIGESTIBILIDADE

Caro acadêmico, dando sequência às proteínas e sua importância ao organismo humano, vamos rever a digestibilidade desse macronutriente. Você se lembra quais as funções das proteínas? Estrutural, enzimática, hormonal, defesa do organismo, funções extremamente importantes à homeostase do corpo humano, não é mesmo? E você lembra qual a quantidade de proteínas que devemos consumir diariamente?

Segundo as DRIs (NCR, 2002) entre 10 e 35% do total de calorias consumidas no dia, ou seja, menos que os carboidratos que têm a recomendação de 45 a 65% do total de calorias. E, para finalizarmos essa comparação, você se lembra a função principal do carboidrato? Energia. Pois bem, a proteína tem mais funções que o carboidrato e necessitamos consumir menos? Já se perguntou por quê? Por que o corpo humano é extremamente inteligente e realiza o turnover proteico, através do pool de aminoácidos que consiste na utilização da proteína ingerida, somada à proteína proveniente do intestino (metabolização dos músculos/tecidos) na forma de enzimas digestivas, células descamadas e mucinas, sendo digerida e absorvida de forma quase completa, podendo, com isso, dar origem a outras proteínas, sendo um processo muito eficiente e que garante o fornecimento contínuo de aminoácidos para o pool de aminoácidos corporal.

Sabe-se que menos de 10% da proteína total que passa pelo trato digestório aparece nas fezes, se a alimentação conter de 70 a 100 g de proteína e a proteína endógena contribuir com cerca de 100 g (variação entre 35 e 200 g), espera-se que aproximadamente de 1 a 2 g de nitrogênio sejam encontrados nas fezes, o que equivale a cerca de 6 a 12 g de proteína (FRENHANI; BURINI, 1999). Dessa forma, podemos observar que o objetivo da digestão de proteínas é liberar aminoácidos, dipeptídeos e tripeptídeos viabilizando as suas absorções, pois, com exceção de um período relativamente curto após o nascimento, os enterócitos não conseguem absorver proteínas intactas.

Nesse processo de quebra das proteínas, assim como no caso dos carboidratos, estão presentes as enzimas, responsáveis pela digestão as quais são denominadas peptidases e classificadas em duas categorias: endopeptidases, que atuam sobre ligações internas e liberam grandes fragmentos de peptídeos e as exopeptidases, que atuam sobre as extremidades da cadeia peptídica liberando um aminoácido em cada reação. As exopeptidases são subdivididas em carboxipeptidases, atuando na extremidade carboxila, e aminopeptidases, que atuam sobre a extremidade amino (NH₂). Ficando claro com essa subdivisão que as endopeptidases iniciam agindo sobre a proteína intacta ingerida, e as exopeptidases atuam no processo final da digestão (FRENHANI; BURINI, 1999; COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

O processo de digestão das proteínas, diferente dos outros macronutrientes inicia no estômago, no qual o alimento é acidificado com o ácido clorídrico (HCl) e passa a apresentar diversas funções, dentre elas a desnaturação de proteínas,

possibilitando que se tornem acessíveis à ação da pepsina (endopeptidase), uma enzima que é liberada dentro da cavidade gástrica na forma de pepsinogênio (enzima inativa), sendo “ativada” pelo meio ácido (pH próximo a 2) em pepsina. Além disso, essa ativação também aciona a sinalização da liberação de colecistocinina (CCK) no duodeno.



Uma das características importantes da digestão pela pepsina está em sua capacidade de digerir o colágeno, já que é pouco afetado por outras enzimas digestivas. O colágeno é um constituinte importante do tecido conjuntivo intercelular das carnes. Para que as enzimas digestivas do trato digestório penetrem nas carnes e possam digerir as proteínas celulares, é necessário que as fibras de colágeno sejam inicialmente digeridas. Por conseguinte, em indivíduos com deficiência de atividade péptica no estômago, as carnes ingeridas não sofrem tanto a ação das enzimas digestivas e, conseqüentemente, podem ser mal digeridas. Destaca-se que a ação da pepsina é responsável por cerca de 10 a 20% da digestão total das proteínas. A atividade da pepsina termina quando o conteúdo gástrico se mistura com o suco pancreático alcalino no intestino delgado (JOHNSON, 2001).

É importante destacar que a CCK estimula a liberação de enzimas digestivas pelo pâncreas exócrino e por meio das células da mucosa intestinal. Posterior, quando o quimo chega no intestino, este estimula a liberação de secretina e CCK, que, por sua vez, estimulam a secreção de bicarbonato e de enzimas pelo pâncreas, respectivamente.

No suco pancreático, verifica-se a presença de proteases pancreáticas, que são secretadas dentro do duodeno como precursores inativos (zimogênios). O tripsinogênio, que não apresenta atividade proteolítica, é ativado pela enteropeptidase, uma enzima localizada na membrana apical de enterócitos da região duodenal. A atividade da enteropeptidase é estimulada pelo tripsinogênio, enquanto sua liberação da membrana apical dos enterócitos é provocada pelos sais biliares. A enteropeptidase ativa o tripsinogênio por meio da liberação de um hexapeptídeo a partir do N-terminal dessa molécula. Posteriormente, a tripsina, além de atuar sobre as proteínas alimentares, também ativa outras pré-proteases liberadas pelo pâncreas exócrino, ou seja, a tripsina atua sobre o quimiotripsinogênio, liberando a quimiotripsina; sobre a pró-elastase, liberando a elastase; e sobre a pró-carboxipeptidase, liberando a carboxipeptidase. Tripsina e quimiotripsina clivam as moléculas de proteínas em pequenos peptídeos; a seguir, a carboxipeptidase cliva os aminoácidos das extremidades carboxila dos polipeptídeos. Não obstante, posteriormente à ativação das proteases pancreáticas no intestino, estas sofrem rápida inativação por causa do processo de auto-digestão, sendo a tripsina a enzima primariamente responsável por essa inativação (COZZOLINO; COMINETTI, 2013, p. 19).

Por fim, os produtos finais da digestão de proteínas da alimentação no lúmen intestinal são aminoácidos livres (40%) e pequenos peptídeos (60%), que em sua maioria possuem de dois a oito resíduos de aminoácidos, os quais posteriormente serão hidrolisados por enzimas (aminopeptidases, dipeptidil aminopeptidase e dipeptidase) presentes na superfície luminal, liberando aminoácidos livres, dipeptídeos e tripeptídeos, sendo os dois últimos em maior quantidade (FRENHANI; BURINI, 1999).

4.1 ABSORÇÃO INTESTINAL

Acadêmico, você pode observar que os aminoácidos, para poderem ser absorvidos, são “quebrados” em unidades menores pelas enzimas, resultando em aminoácidos livres, dipeptídeos e tripeptídeos. Qual das estruturas citadas você acredita que será absorvido primeiro? O aminoácido livre?

Não, tem-se demonstrado em estudos de perfusão jejunal, que, devido à competição entre os aminoácidos livres no momento da “entrada” desses no enterócito via transportador específico, os dipeptídeos têm apresentado um processo de captação pelas células mais eficaz e eficiente.

Estudos já vêm demonstrando que o transportador intestinal de oligopeptídeos, designado de PepT-1 (um transportador exclusivo de dipeptídeos e tripeptídeos), está presente na membrana apical (ou luminal) de enterócitos, apresentando uma característica diferenciada, pois é dependente do gradiente de prótons no momento da absorção dos oligopeptídeos pelos enterócitos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

FIGURA 12 – ABSORÇÃO DAS PROTEÍNAS



Figura 62.13 • Digestão das proteínas no lúmen e na borda em escova do intestino. (Adaptada de Van Dyke RH. In: Mechanisms of Digestion and Absorption of Food. In: Schlessenger MH & Fordtran JS, (eds.). Gastrointestinal Disease, 4ª ed., Philadelphia, 1989, WB Saunders; retirado de Berne RM et al. In Physiology, 5ª ed. Mosby Inc, 2004.)

FONTE: <http://twixar.me/DZtT>. Acesso em: 11 dez. 2019.

Ainda, é interessante destacarmos que, no intestino delgado, existem variações do local com capacidade aumentada para absorção dos aminoácidos/dipeptídeos e tripeptídeos. De acordo com Belitz, Grosch e Schieberle (2004), a capacidade absorptiva de dipeptídeos e tripeptídeos é maior no intestino delgado proximal em relação ao intestino delgado distal, sendo que, por sua vez, a capacidade absorptiva de aminoácidos livres é maior no intestino delgado distal quando comparado ao intestino delgado proximal.

Após a absorção intestinal, os aminoácidos são transportados diretamente ao fígado por meio do sistema porta, sendo o fígado o órgão regulador do catabolismo de aminoácidos indispensáveis, com exceção dos aminoácidos de cadeia ramificada (ACR), que são utilizados principalmente pelo musculoesquelético.

No fígado, parte dos aminoácidos já é usada como fonte para síntese de proteínas que são secretadas, como a albumina e a fibrina, e de enzimas, necessárias ao catabolismo dos aminoácidos que ficam na própria célula hepática, exercendo, com isso, a modulação da concentração de aminoácidos plasmáticos. Cerca de 20% dos aminoácidos captados pelo fígado são liberados para a circulação sistêmica, sendo posteriormente metabolizados pelo musculoesquelético, rins e outros tecidos, aproximadamente 50% são transformados em ureia, e 6%, em proteínas plasmáticas (BROOKS, 2000).



Cabe ressaltar que estudos em animais e humanos têm demonstrado que a oferta por via oral, a partir de uma mistura de aminoácidos livres, difere em relação à mistura de dipeptídeos de composição aminoacídica equivalente. Algumas razões são apresentadas a seguir: 1. Absorção mais rápida de aminoácidos quando fornecidos na forma de dipeptídeos do que na forma livre. 2. Maior aparecimento de aminoácidos no sangue após absorção de dipeptídeos do que a partir de aminoácidos livre. 3. Ausência de competição entre a absorção de aminoácidos livres e de dipeptídeos. 4. Conservação de energia metabólica no transporte de aminoácidos na forma de dipeptídeos em relação à forma monomérica. 5. Manutenção relativa do transporte de dipeptídeos comparado ao transporte de aminoácidos em diversas situações, tais como jejum, desnutrição proteico-calórica, deficiência em vitaminas e doenças intestinais. 6. Vantagens físico-químicas pela substituição de aminoácidos instáveis e pouco solúveis em solução por dipeptídeos altamente estáveis e solúveis em solução. 7. Dipeptídeos estimulam seu próprio transporte por meio da indução da expressão de PepT-1 (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 22).

4.2 METABOLISMO PROTEICO

Agora, verificaremos a distribuição da proteína no organismo humano. Tendo como exemplo um ser humano de 100 kg, em seu organismo há cerca de 17 kg de proteína e 300 g de aminoácidos livres. O musculoesquelético representa de 40 a 45% da massa corporal total, sendo aproximadamente 66% na forma de proteínas contráteis e 34% na forma de proteínas não contráteis, sendo que cerca de 130 g de aminoácidos livres ficam no espaço intramuscular, e apenas 5 g de aminoácidos livres na circulação sanguínea.

O musculoesquelético é composto basicamente de água e proteínas, em uma razão próxima de 4:1, com isso, discute-se que para o aumento de 1 kg de massa musculoesquelética, deve haver um aumento de aproximadamente 200 g de proteína muscular, considerando que os aminoácidos originam-se das proteínas da alimentação e das proteínas endógenas (RASMUSSEN; PHILLIPS, 2003; COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

É importante destacarmos que, apesar dos aminoácidos livres estarem em pequenas quantidades na corrente sanguínea, eles são importantes para o controle metabólico e nutricional das proteínas do organismo, em que a glutamina representa nesse *pool* de aminoácidos livres do músculo, o de maior concentração, representando de 10 a 15 g de nitrogênio.

As necessidades fisiológicas de cada indivíduo fazem com que a quantidade circulante de cada aminoácido seja variável nos nossos tecidos, sendo que o estado alimentado ou jejum influenciarão fortemente nessa distribuição. Isso acontece porque o equilíbrio das proteínas no organismo humano é sincrônico, denominado *turnover* proteico, estabelecido por um processo contínuo de síntese e catabolismo proteico. Nesse sentido, vale a reflexão sobre o tempo de vida médio (tempo que o organismo leva para renovar a metade da quantidade dessa proteína) das principais proteínas presentes no corpo.

Algumas enzimas intracelulares têm vida média de algumas horas, já a hemoglobina apresenta vida média de 110 a 120 dias e o colágeno, de 365 dias, estabelecendo que o *turnover* proteico depende da função da proteína. Os tecidos mais ativos nessa atividade são: plasma, mucosa intestinal, pâncreas, fígado e rins (OLIVEIRA; MARCHINI, 1998; COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Considerando que foi mencionado que o metabolismo das proteínas é sincrônico, como você acha que ele pode sofrer alterações e ser regulado? As alterações no *turnover* proteico são provenientes da alimentação (fonte exógena) e das alterações na disponibilidade de aminoácidos na circulação sanguínea, provenientes da alimentação e necessidade fisiológica. Ainda, a concentração de hormônios anabólicos, como já vimos anteriormente, a insulina, e os hormônios catabólicos (com destaque para o glucagon e o cortisol), juntamente com o grau de atividade física alteram o *turnover* proteico.

Quando o indivíduo que pratica exercícios físicos possui uma alimentação equilibrada e que repõe os macronutrientes, essa prática torna-se anabólica, todavia, em estados não alimentado, como o jejum, a resposta pode ser catabólica, permitindo que os aminoácidos liberados sejam utilizados para a gliconeogênese. Sugere-se que nessa fase de jejum, os aminoácidos contribuam para a síntese de cerca de 60 g de glicose por dia (COZZOLINO; COMINETTI, 2013).

Com isso, podemos gerar outra reflexão: e os aminoácidos indispensáveis nesse processo de catabolismo? O musculoesquelético e os tecidos intestinais são as principais fontes de aminoácidos indispensáveis durante os períodos de jejum. Se a privação alimentar perdurar além de alguns dias, a taxa de degradação proteica diminuirá rapidamente. Após duas ou três semanas sem ingestão alimentar, a gliconeogênese dos aminoácidos não fornece mais do que 15 a 20 g de glicose por dia (COMINETTI; COZZOLINO, 2013 *apud* BROOKS, 2000).



A taxa média diária de proteína renovada em um adulto é da ordem de 3% do total proteico do organismo. Na pele, perdem-se e renovam-se 5 g de proteínas por dia; no sangue, 25 g; no trato digestório, cerca de 70 g; e no tecido muscular, ao redor de 75 g por dia. Estima-se que, em um indivíduo adulto com uma alimentação adequada, haja um turnover proteico de 300 a 400 g por dia (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 22).

Para finalizarmos essa parte do metabolismo, conforme mencionado anteriormente, acontece a interferência dos hormônios na regulação proteica, nesse sentido, além da insulina, que é anabólica e estimula a síntese proteica, temos o hormônio do crescimento, o GH, que também atua como anabólico no estímulo ao aumento da síntese proteica, importante na fase de crescimento, e a testosterona, também anabólica. No catabolismo, tem-se a ação dos glicocorticoides, que estimulam a gliconeogênese e a cetogênese, que atuam na hidrólise das proteínas musculares e tissulares (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

4.2.1 Síntese proteica

Apenas para relembrar, destaca-se, a seguir, o processo pelo qual as proteínas são sintetizadas. A síntese das proteínas possibilita compreender as diferenças genéticas e também como são mantidas as propriedades de cada tipo celular, já que as características que diferenciam as células são, em sua maioria atribuídas pelas proteínas celulares.

Voltamos então para a genética, pois a sequência de aminoácidos necessários para formação de uma proteína é geneticamente controlada. O DNA é composto de quatro bases nitrogenadas: adenina, guanina, timina e citosina, que condensadas formam a cadeia de DNA. “A sequência de bases no DNA é única para cada proteína que é sintetizada no organismo. Sendo assim, a sequência de aminoácidos de cada proteína sintetizada no organismo é determinada a partir de uma região da molécula de DNA, o gene [...]” (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 26).

Ressalta-se que a síntese proteica depende da presença de todos os aminoácidos necessários para a síntese de uma determinada proteína e do fornecimento de energia, causando prejuízos na síntese a falta de qualquer uma das duas variáveis.

4.2.2 Catabolismo das proteínas: Ciclo da Ureia

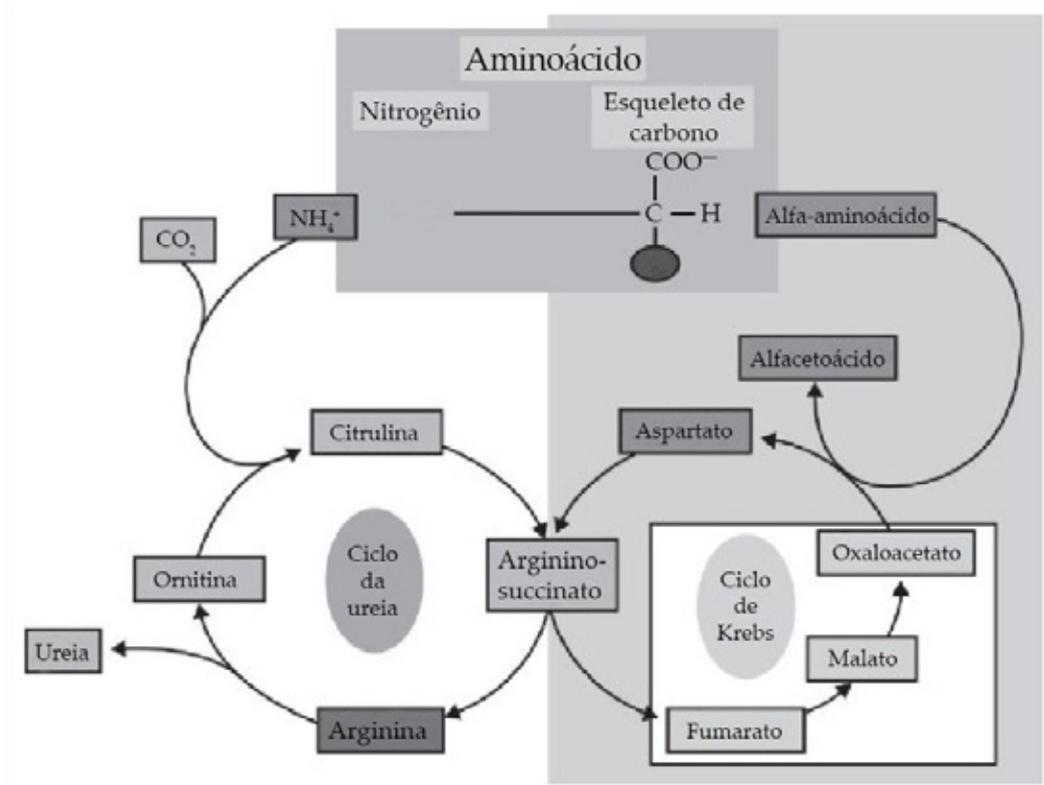
O catabolismo “quebra” dos 20 aminoácidos encontrados nas proteínas, envolve a remoção dos grupos alfa-amino (que possuem o nitrogênio), seguida pela degradação dos esqueletos de carbono, o qual pode originar sete produtos: oxaloacetato, alfacetoglutarato, piruvato, fumarato, acetil-CoA, acetoacetil-CoA e succinil-CoA, os quais entram nas rotas do metabolismo intermediário e derivam na síntese de glicose ou de lipídio ou na produção de energia. Aqui podemos chamar atenção para a via dos metabolitos da proteína, que desencadeiam posterior síntese de glicose ou lipídio, ou seja, se consumida excessivamente via alimentação, pode causar reservas de glicose e lipídio (ganho de peso).

Os aminoácidos que são degradados para acetil-CoA ou acetoacetil-CoA, sendo eles a leucina e lisina, são denominados cetogênicos já que proporcionam a geração de corpos cetônicos. Por sua vez, os aminoácidos degradados para oxaloacetato, alfacetoglutarato, piruvato, fumarato ou succinil-CoA, sendo eles: alanina, asparagina, aspartato, cisteína, glutamato, glutamina, glicina, prolina, serina, arginina, histidina, metionina, treonina e valina são denominados glicogênicos, pois através do ciclo de Krebs podem ser convertidos como produto final em glicose. Também, há aminoácidos que dão origem tanto a atividade glicogênica como cetogênica, a tirosina, isoleucina, fenilalanina e triptofano).

Nesse sentido do catabolismo das proteínas, temos ainda que descrever o ciclo da ureia que é a principal forma de eliminação dos grupos amino derivados dos aminoácidos que representam 90% dos componentes nitrogenados presentes na urina. Além da ureia, as outras formas de excreção de nitrogênio na urina são a amônia, ácido úrico, creatinina e até mesmo aminoácidos livres.

Aproximadamente 11 a 15 g de nitrogênio são excretados na urina de um indivíduo adulto saudável que consome cerca de 70 a 100 g de proteína ao dia. No processo metabólico, a ureia e a amônia se formam após a oxidação parcial dos aminoácidos, já o ácido úrico e a creatinina são indiretamente derivados de aminoácidos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

FIGURA 13 – CICLO DA UREIA



FONTE: Adaptado de Cominetti e Cozzolino (2013) *apud* Devlin (2002)

Em resumo, um nitrogênio da molécula de ureia é fornecido pela amônia livre, enquanto o outro nitrogênio provém do aspartato. O glutamato é o precursor imediato da amônia – por meio da deaminação oxidativa catalisada pela enzima GDH – e do nitrogênio do aspartato – por meio da transaminação do oxaloacetato catalisada pela enzima AST. O carbono e o oxigênio da ureia são derivados do CO₂. A ureia sintetizada pelo fígado é, posteriormente, transportada pela circulação sanguínea até os rins, nos quais é filtrada e excretada na urina. Uma parte da ureia sintetizada no fígado difunde-se do sangue ao intestino e é clivada a CO₂ e NH₃ pela uréase bacteriana. Essa amônia é perdida de forma parcial nas fezes enquanto outra parte é reabsorvida pelo sangue (NELSON; COX, 2000).

5 RECOMENDAÇÕES DE CONSUMO

As *Dietary Reference Intakes* (Ingestões Dietéticas de Referência – DRIs), conforme vimos na unidade anterior, determinam valores de referência para consumo de todos os nutrientes, dessa forma, também para as proteínas, sendo a RDA para homens e mulheres com idade igual ou superior a 19 anos de 0,80 g de proteínas/kg/dia.

Para gestantes e lactentes de qualquer idade a RDA é de 1,1 g de proteínas/kg/dia ou a adição de 25 g de proteína na alimentação diária. Sendo que em termos de percentuais, de acordo com a *Acceptable Macronutrient Distribution Range* (AMDR), é recomendado para adultos um consumo médio entre 10 e 35% do consumo diário total de kcal.

Quanto à necessidade de ingestão de aminoácidos, a tabela a seguir apresenta os valores de referência e comparação com a quantidade presente nos alimentos com melhor qualidade proteica do reino animal e vegetal, sendo que o escore para aminoácidos foi desenvolvido baseado nas necessidades médias de ingestão tanto de aminoácidos indispensáveis quanto de proteínas para indivíduos com idade igual ou superior a um ano.

TABELA 10 – MODELO DE ESCORE DE AMINOÁCIDOS PARA INDIVÍDUOS COM IDADE IGUAL OU SUPERIOR A UM ANO DE IDADE

Aminoácido (mg/g de proteína)	Escore de aminoácidos (FNB/IOM)	Feijão branco	Leite	Ovos
Histidina	18	28	28	24
Isoleucina	25	42	60	63
Leucina	55	76	98	88
Lisina	51	72	79	70
Metionina + cisteína	25	19	34	56
Fenilalanina + tirosina	47	77	96	98
Treonina	27	39	45	49
Triptofano	7	10	14	16
Valina	32	46	67	72

FONTE: Adaptado de Cominetti e Cozzolino (2013) *apud* NCR (2002)

Conforme discutimos, as proteínas possuem diferenças na sua biodisponibilidade e conseqüentemente na sua qualidade nutricional. Vários são os parâmetros utilizados para avaliar tal qualidade. O texto a seguir, aprofunda mais o conteúdo sobre essa análise de fontes proteicas.

QUALIDADE NUTRICIONAL E ESCORE QUÍMICO DE AMINOÁCIDOS DE DIFERENTES FONTES PROTÉICAS

Christiano Vieira Pires
 Maria Goreti de Almeida Oliveira
 José César Rosa
 Neuza Maria Brunoro Costa

Resumo do artigo: As proteínas são moléculas essenciais aos organismos animais, devendo, portanto, estar presentes na alimentação em quantidades adequadas. Além do aspecto quantitativo deve-se levar em conta o aspecto

qualitativo, isto é, seu valor nutricional, que dependerá de sua composição, digestibilidade, biodisponibilidade de aminoácidos essenciais, ausência de toxicidade e de fatores antinutricionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade *in vivo*, o escore químico de aminoácidos (EQ) e o escore químico de aminoácido corrigido pela digestibilidade protéica (PDCAAS) das seguintes fontes de proteína: carne de rã sem osso, carne de rã com osso, carne de rã mecanicamente separada (CMS), carne bovina, ovo em pó, caseína, trigo, milho, soja convencional, soja isenta de inibidor de tripsina Kunitz e de lipoxigenases (soja KTI-LOX-), proteína texturizada de soja (PTS) e feijão. As proteínas de origem animal apresentaram maiores valores de digestibilidade que as de origem vegetal. Carne de rã sem osso apresentou a proteína com maior digestibilidade protéica de todas as proteínas estudadas, não diferindo, entretanto, da caseína, CMS, carne bovina e rã com osso. Das proteínas de origem animal, a do ovo em pó foi aquela que apresentou menor digestibilidade protéica. Nenhuma das proteínas de origem animal apresentou aminoácidos essenciais limitantes quando comparadas com o padrão da FAO/WHO. Feijão, soja convencional, soja KTI-LOX- e PTS, tiveram os aminoácidos sulfurados (metionina+cisteína) como limitantes. Enquanto que para trigo e milho, o aminoácido mais limitante foi a lisina. Soja KTI-LOX- e PTS apresentaram valores de PDCAAS superiores aos da soja convencional, mostrando uma possível elevação na qualidade proteica da soja melhorada geneticamente e da soja processada.

FONTE: PIRES, C. V. *et al.* Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 179-187, mar. 2006.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- As proteínas são formadas por unidades de aminoácidos.
- O aminoácido possui uma estrutura química diferente dos demais macronutrientes, pois além de carbono, hidrogênio e oxigênio, possui o nitrogênio e uma cadeia de radical, que faz com que os aminoácidos sejam diferenciados uns dos outros em estrutura e função.
- Existem 20 tipos de aminoácidos diferentes, os quais, quando ligados, dão origem aos dipeptídeos, tripeptídeos, peptídeos e, conseqüentemente, às proteínas.
- Os aminoácidos são divididos de acordo com a necessidade de consumo alimentar ou não, ou seja, eles podem ser indispensáveis (devem ser consumidos, pois o organismo não sintetiza), condicionalmente indispensáveis (o organismo sintetiza, mas em situações de desequilíbrio pode ser necessário o consumo via alimento) e os dispensáveis (que não precisam ser consumidos, pois o organismo sintetiza a partir dos substratos endógenos).
- As proteínas estão presentes em diversos alimentos, sendo que os alimentos que proporcionam proteínas de alto valor biológico são as carnes, leites e derivados.
- As fontes de vegetais em especial as leguminosas também possuem boa qualidade de aminoácidos, todavia com menor digestibilidade que as provenientes da carne.
- As funções das proteínas são diversas sendo as principais de estrutura, enzimas, hormônios, movimento, sistema imunológico.
- As proteínas possuem um mecanismo de digestão que requer acidez no estômago e enzimas no trato digestório, sendo a absorção acontece de forma mais efetiva quando estiverem em formato de dipeptídeos e tripeptídeos.
- O metabolismo é muito importante, devido ao turnover proteico que garante a “quebra” e construção de novas proteínas.
- A recomendação de consumo pelas DRIs para população adulta saudável gira em torno de 10 a 35% do valor total consumido de energia.

AUTOATIVIDADE



- 1 Além de participarem na síntese proteica e no metabolismo energético, quase todos os aminoácidos apresentam funções específicas no organismo. A respeito desse assunto, classifique V para as sentenças verdadeiras e F para as falsas:
- () A dieta do “Dr. Atkins” (a qual prioriza o consumo de proteínas em detrimento aos carboidratos) pode levar ao aumento do peso corpóreo, uma vez que a proteína em excesso pode ser convertida em glicose (gliconeogênese) ou ser utilizada como fonte de energia (a partir da cadeia carbônica).
 - () A glutamina é um aminoácido condicionalmente indispensável, visto que só é indispensável em situações especiais, quando a síntese não atinge a capacidade metabólica.
 - () São aminoácidos não essenciais: alanina, metionina, serina, fenilalanina e histidina.
 - () São aminoácidos essenciais de cadeia ramificada: isoleucina, valina e leucina, considerados de grande importância para geração de novas proteínas no organismo.
 - () A alanina é um aminoácido não essencial, utilizado na gliconeogênese.
 - () A metionina e a lisina, aminoácidos dispensáveis, são obtidos quando consumimos a dupla arroz e feijão.
 - () O tempo de meia vida da hemoglobina é de aproximadamente 120 dias.
 - () O turnover proteico é o processo de síntese e degradação das proteínas.
- 2 Quando a seleção de alimentos é limitada e há uma escassez de alimentos ricos em proteínas de alto valor biológico, as proteínas de origem vegetal incompletas podem ser combinadas de tal modo que todos os aminoácidos indispensáveis sejam fornecidos. A qualidade de uma proteína pode ser expressa de acordo com o escore químico, a razão de eficiência proteica (PER), o valor biológico (VB) e o saldo de utilização proteica (NPU). Esses parâmetros referem-se a diferentes testes utilizados para definir a qualidade de uma proteína. Assinale a alternativa INCORRETA:
- a) () Uma dieta com proteínas de baixa qualidade poderá inibir a habilidade do corpo em sintetizar suas próprias proteínas.
 - b) () As proteínas vegetais não são absorvidas, devido a difícil digestibilidade.
 - c) () Aminoácido limitante é um aminoácido indispensável, presente em menor quantidade em um alimento. Um exemplo de aminoácido limitante em leguminosas é a metionina.
 - d) () Em análises de qualidade de proteínas, a ovalbumina (ovo) é utilizada como proteína de referência, pois é nutricionalmente completa em termo de aminoácidos.
 - e) () A digestibilidade dos aminoácidos da dieta dependem da sua fonte alimentar. De forma geral, proteínas animais apresentam digestibilidade entre 90-99%.
- 3 Quais os hormônios que atuam no metabolismo proteico? Qual a atuação deles nesse processo?



1 INTRODUÇÃO

Olá, acadêmico, por fim, chegamos à descrição do último macronutriente: o lipídio, ou, como popularmente chamamos, a gordura. Este que, por muitos anos, foi considerado o grande vilão das dietas, hoje, por vezes, continua sendo. Por que será que esse macronutriente foi sempre tão injustiçado? Primeiro, porque é mais calórico que os demais nutrientes e também porque pesquisas começaram a relatar relações entre alguns tipos de gorduras, os quais veremos a seguir, sobre a obesidade e suas comorbidades. Todavia, preste atenção, caro acadêmico, faltam evidências claras de que essa relação seja comprovada, pois as doenças não podem e não estão vinculadas a apenas um fator.

Conforme mencionado, os lipídios/gorduras (vamos padronizar sempre lipídio) possuem mais energia que os demais, pois, enquanto as proteínas e carboidratos fornecem apenas 4 kcal por grama, os lipídios fornecem 9 kcal por grama.

Ainda, diferentemente dos carboidratos, os lipídios não são polímeros, eles abrangem um grupo heterogêneo de compostos com comum característica de serem hidrofóbicos, ou seja, insolúveis em água, sendo divididos em três grandes grupos: lipídios simples, compostos e variados (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011), vejamos no subtópico a seguir.

2 LIPÍDIOS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

Lipídios simples:

- Gorduras neutras: ácidos graxos com glicerol (monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos).
- Ceras: ácidos graxos com álcoois, como os ésteres de esterol (éster de colesterol).

Lipídios compostos:

- Fosfolipídios: composto de ácido fosfórico, ácido graxo e uma base nitrogenada (glicerofosfolipídio como a lecitina e glicosfingolipídio como a esfingomiélna).
- Glicolipídios: composto de ácido graxo, monossacarídeo e uma base nitrogenada (como a ceramida).
- Lipoproteínas: lipídios e proteínas.

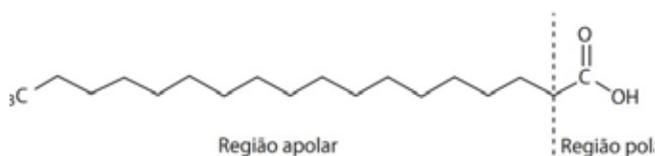
Lipídios variados:

- Esteróis: colesterol, vitamina D, sais biliares.
- Vitaminas A, E, K.

Como em todas as classificações estão presentes os ácidos graxos, vamos lembrar quem é ele? Os ácidos graxos raramente são encontrados livres na natureza, e, com frequência, estão ligados a outras moléculas por meio do grupo ácido carboxílico que é hidrofílico, ou seja, tem afinidade, solubilidade na água. “Do ponto de vista químico, os lipídios são definidos como uma classe de compostos insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos, tais como acetona, éter, clorofórmio, metanol e hexano” (COMINETTI; COZZOLINO, 2013, p. 76).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos, em geral, monocarboxílicos, com um grupamento radical, que em sua maioria é uma cadeia carbônica longa, não ramificada, com número par de átomos de carbono, sendo que a cadeia carbônica pode ser saturada ou conter insaturações. O grupo carboxila constitui a região polar e a cadeia R, a região apolar do ácido graxo.

FIGURA 14 – ESTRUTURA DE UM ÁCIDO GRAXO



FONTE: Cominetti e Cozzolino (2013, p. 77)

As características de cada ácido graxo conferem condições diferenciadas nos alimentos, pois quanto maior a cadeia de carbonos e a saturação maior é a resistência dos ácidos graxos frente à temperatura de derretimento. Cabe destacar que, de maneira geral, os ácidos graxos de cadeias mais curtas e com mais de uma ligação (insaturação) em temperatura ambiente são líquidos (óleos vegetais), diferentemente dos ácidos graxos saturados, que normalmente são sólidos em temperatura ambiente (manteiga e banha) (MAHAN; ESCOTT-SYUMP, 2011).

O óleo de coco nos permite um bom exemplo de óleo que mistura sua característica saturada com cadeia curta, pois, apesar de ser extremamente saturado ele é semissólido, já que sua cadeia de carbonos é curta. Já que mencionamos o tamanho da cadeia dos ácidos graxos, com quantos carbonos podemos considerar curta, média ou longa?

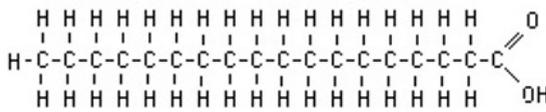
Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) – de 4 a 6 carbonos.

Ácidos graxos de cadeia média (AGCM) – de 8 a 14 carbonos.

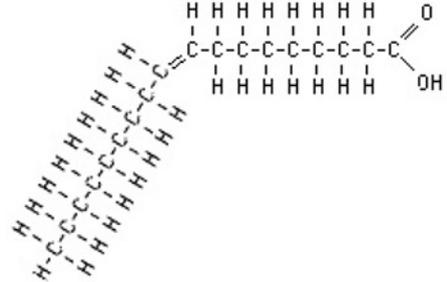
Ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) – de 16 a 20 carbonos ou mais.

E, quando a saturação e insaturada, é claro para você essa diferença? Acompanhe a figura a seguir:

FIGURA 15 – ÁCIDO GRAXO SATURADO E INSATURADO



Molécula de **ácido graxo saturado**



Molécula de **ácido graxo insaturado**

Figura 2: Molécula de ácido graxo saturado e de ácido graxo insaturado.

FONTE: <<http://uenfciencia.blogspot.com/2017/07/>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

2.1 ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS E INSATURADOS

Na família dos ácidos graxos saturados, todos os locais de ligação dos carbonos não ligados a outros carbonos, são ligados ao hidrogênio. No caso das insaturações, os ácidos graxos podem ser ainda divididos em monoinsaturados (com apenas uma dupla ligação) e poli-insaturados (duas ou mais duplas ligações), onde os hidrogênios foram removidos e as duplas ligações se formaram entre os carbonos adjacentes. Além das ligações, os ácidos graxos podem ser classificados de acordo com a localização da dupla ligação, como é o caso do ômega 3, com a dupla ligação no carbono 3, contando a partir do grupo metil, e o ômega 6, com a dupla ligação no carbono 6.

Já que destacamos esses dois ácidos graxos vamos nos aprofundar sobre eles? O ômega 3 o ômega 6 são considerados ácidos graxos essenciais, ou seja, são ácidos graxos que nosso organismo não consegue sintetizar, por isso, precisamos consumir via alimentação.



Na formação de um novo de ácido graxo, as enzimas biossintéticas humanas inserem duplas-ligações apenas a partir da posição n-9 (ômega 9) ou superior; ou seja, as enzimas não conseguem inserir duplas-ligações em nenhuma posição mais próxima ao grupo metil terminal, como é o caso dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3.

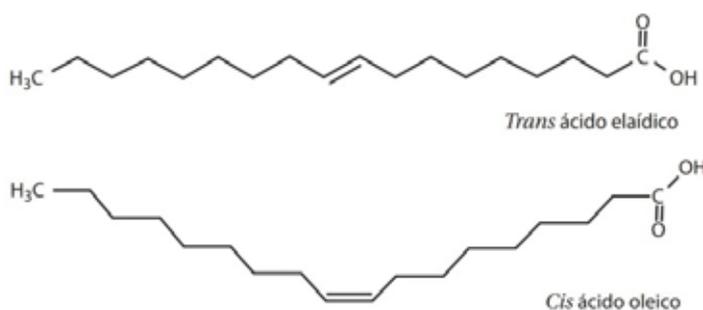
É importante destacarmos que apenas os vegetais (com destaque aos fitoplânctons marinhos) podem sintetizar esses dois ácidos graxos, todavia, os seres humanos, apesar de não conseguir sintetizá-los, consegue alongar suas cadeias, transformando o ácido linoleico (C18:2 *n*-6) em ácido araquidônico (C20:4 *n*-6), o qual é uma estrutura muito importante em diferentes processos no organismo humano, incluindo as reações inflamatórias.

Ainda, têm-se o ácido alfa-linolênico (ALA), mais conhecido como ômega 3 (C18:3 *n*-3) que dá origem endogenamente ao ácido eicosapentaenoico (EPA) que possui 20 carbonos (C20:5 *n*-3) e ao ácido docosahexaenoico (DHA) que possui 22 carbonos (C22:6, *n*-3) (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.2 ÁCIDOS GRAXOS TRANS

Os ácidos graxos trans consistem em ligações duplas nos ácidos graxos insaturados, recorrentes da hidrogenação industrial ou pela biohidrogenação microbiana de ruminantes, ela é uma inversão da posição normal de uma dupla ligação, conhecida como cis, nessa configuração os átomos de carbono da cadeia alifática estão no mesmo lado da dupla-ligação, sendo que nas duplas-ligações trans os carbonos estão em lados (MANCINI-FILHO; TAKEMOTO; AUED-PIMENTEL, 2007).

FIGURA 16 – CONFIGURAÇÃO DAS DUPLAS LIGAÇÕES CIS E TRANS



FONTE: Cominetti e Cozzolino (2013, p. 80)



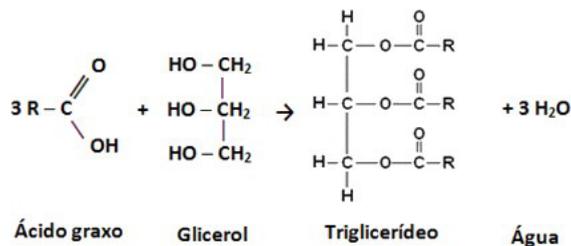
Ácidos graxos *trans* artificiais são produzidos pela hidrogenação parcial de óleos vegetais ou de peixe com hidrogênio e um metal catalisador. O consumo de alimentos que contêm esses ácidos graxos obtidos industrialmente eleva o risco de doenças cardiovasculares, já que exercem efeito pró-aterogênico, reduzindo a lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol) e aumentando a lipoproteína de baixa densidade (LDL-colesterol). Além disso, podem promover mudanças no organismo semelhantes à síndrome metabólica humana, causando também a hepatomegalia, em decorrência do acúmulo de gordura e lesões inflamatórias, e a tolerância diminuída à glicose, comprovando que a ingestão desses ácidos graxos *trans* é deletéria à saúde humana (BROUWER; WANDERS; KATAN, 2010). E onde encontramos esses ácidos graxos? Nos alimentos industrializados, como pizza, lasanha, bolos industrializados, biscoitos recheados, *wafer*, sorvetes...

2.3 TRIGLICERÍDEOS

Os ácidos graxos se unem formando triglicerídeos no nosso organismo e nos próprios alimentos. Aproximadamente 95% de todos os ácidos graxos que consumimos estão na forma de triglicerídeos. Essa união é decorrente da união de 3 ácidos graxos a uma cadeia lateral de glicerol, sendo que sua característica também é de ser hidrofóbico.

Diferentes tipos de ácidos graxos podem dar origem a um triglicerídeo, sendo dependentes tanto dos ácidos provenientes da alimentação, quanto da síntese endógena. Cabe destacar que os triglicerídeos de animais terrestres são predominantes saturados, pois não são suscetíveis a lesões oxidativas no armazenamento, já os triglicerídeos de criaturas de água fria mantem seus ácidos graxos insaturados em temperaturas mais baixas, ou seja, em forma líquida (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

FIGURA 17 – ESTRUTURA DO TRIGLICERÍDEO



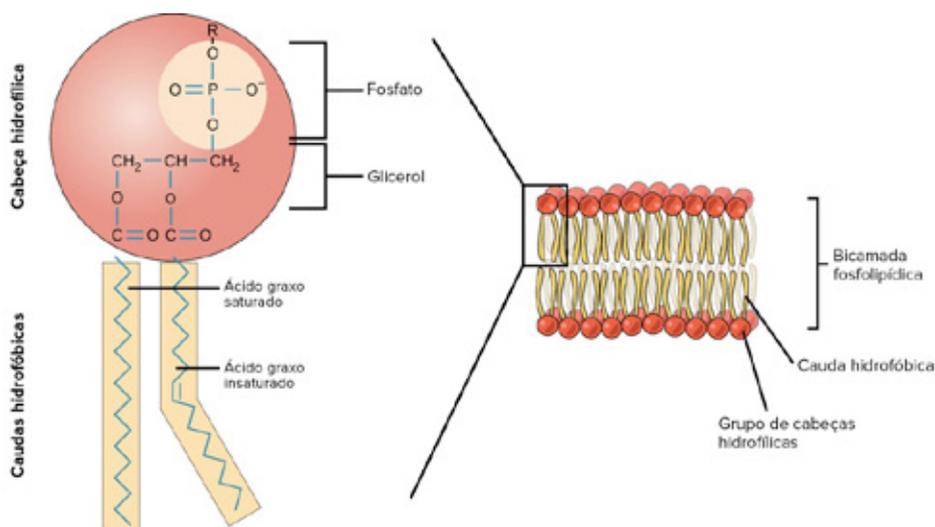
Fonte: Adaptado de <<https://static.alunosonline.uol.com.br/conteudo/images/obtencao-de-um-triglicerideo.jpg>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

2.4 FOSFOLIPÍDIOS

Além dos triglicerídeos, também estão presente nos alimentos os fosfolipídios, que se distinguem devido ao segundo conter grupos polares em sua estrutura, conferindo propriedades anfipáticas à molécula (ou seja, características hidrofóbicas e hidrofílicas na mesma molécula), sendo que o grupo polar está ligado à molécula do glicerol, por meio de ligações fosfato (por isso da nomenclatura fosfolipídio). Esses grupos polares variam e incluem etanolamina, colina, serina e inositol (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

Essa estrutura permite a organização dos fosfolipídios em bicamadas, que são muito importantes para as propriedades das membranas celulares biológicas, as quais necessitam manter a fluidez, característica referente aos ácidos graxos insaturados que se previnem da cristalização à temperatura ambiente.

FIGURA 18 – FOSFOLIPÍDIOS



FONTE: <<https://cdn.kastatic.org/ka-perseus-images/73c131253d1d7a76b17b789d08b31a5539f6feba.png>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

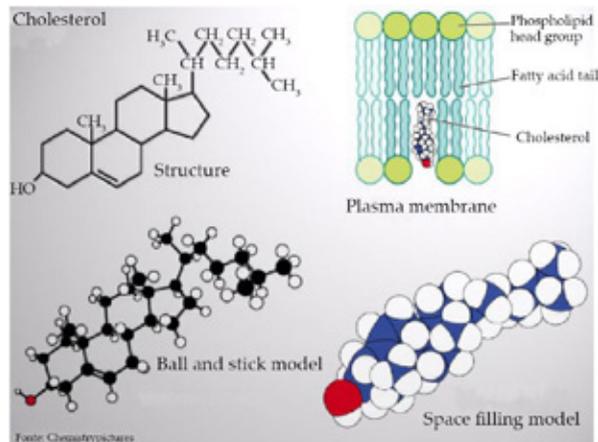
2.5 ESFINGOLIPÍDIOS, ALCOÓIS, CERAS, ISOPRENOIDES E ESTEROIDES

Caro acadêmico, esses lipídios são de grande importância no metabolismo humano e para a realização das funções dos lipídios, conforme veremos a seguir. Os esfingolipídios são ésteres de lipídios ligados a uma base de esfingosina e não de glicerol, presentes em maior proporção no sistema nervoso dos animais. Possuem a colina e constitui mais que 25% da bainha de mielina, além de ser encontrada em todas as membranas celulares.

Por sua vez, os álcoois são subprodutos do metabolismo dos lipídios. A cera de abelhas é rica em álcool miricil palmitato, já que as ceras são ácidos graxos de cadeia longa ligados a álcoois de cadeia longa. Formados por uma ou mais unidades de cinco carbonos, os isoprenoides são derivados dos isoprenos, os quais contêm ligações simples e duplas, formando um arranjo que pode extinguir os radicais livres pela aceitação ou doação de elétrons, como, por exemplo os terpenos que são provenientes de óleos essenciais de vegetais.

Por fim, mas não menos importante, temos os esteroides, os quais são derivados de um anel saturado de quatro membros, como é o caso do colesterol, que é a base para todas as estruturas derivadas dos esteroides, inclusive dos glicocorticoides, mineralocorticoides, andrógenos, estrógenos e ácidos biliares. Vale destacar que o colesterol também é de suma importância para a função da membrana celular.

FIGURA 19 – COLESTEROL



FONTE: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/5/normaL_276cholesterol.jpg>. Acesso em: 13 jan. 2020.

3 LIPOPROTEÍNAS

As lipoproteínas são de suma importância para o metabolismo/transporte dos lipídios. São complexos solúveis formados por proteínas (apolipoproteínas) e lipídios que transportam os lipídios na circulação dos tecidos até o fígado. São sintetizadas no fígado e no intestino ou são formadas nas membranas dos enterócitos. Na circulação elas sofrem reações enzimáticas em seus componentes lipídicos, transferindo lipídios de forma rápida e fácil aos tecidos, mudando sua composição de acordo com a transferência das apolipoproteínas solúveis e dos lipídios. Ao final do transporte, as lipoproteínas são catabolizadas nos rins, fígado e em tecidos periféricos.

As lipoproteínas são partículas globulares formadas por uma capa com afinidade a água constituída por fosfolipídios, colesterol livre e proteínas, a qual envolve um núcleo hidrofóbico, contendo triglicerídeos e ésteres de colesterol, possuindo a função de transportar os lipídios por meio da circulação sanguínea, conforme já mencionado, o que resulta em um processo contínuo de alterações, de forma que apresentam composição e propriedades variáveis, sendo classificadas conforme descrito na tabela a seguir.

TABELA 11 – PRINCIPAIS CLASSES DAS LIPOPROTEÍNAS

Lipoproteína	Densidade (g/DL)	Lipídio (%)			Proteína (%)
		Triacilglicerol	Colesterol	Fosfolipídio	
Quilomícrons	0,95	80 a 95	2 a 7	3 a 9	1,5 a 2,5
VLDL	0,95 a 1,006	55 a 80	5 a 15	10 a 20	5 a 10
IDL	1,006 a 1,019	20 a 50	20 a 40	15 a 25	15 a 20
LDL	1,019 a 1,063	5 a 15	40 a 50	20 a 25	20 a 25
HDL	1,063 a 1,210	5 a 10	15 a 25	20 a 30	40 a 55

VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade; IDL: lipoproteína de densidade intermediária; LD: lipoproteína de baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade.

FONTE: Cominetti e Cozzolino (2013, p. 90)

4 FUNÇÕES E FONTES ALIMENTARES

Olá, acadêmico, tudo bem até aqui? Lembra, lá no início, quando comentamos que os lipídios eram conhecidos como vilões? Pois bem, além de não serem, desempenham muitas funções importantes tanto no nosso organismo quanto nos alimentos:

- São fornecedoras de energia, os ácidos graxos mobilizados a partir dos triacilgliceróis são oxidados para suprir as necessidades de energia do organismo, pois a gordura da alimentação é armazenada nas células adiposas, essa capacidade de armazenamento permite que os seres humanos sejam capazes de ficar sem alimento por semanas.
- São elementos de construção, sendo componentes importantes das membranas biológicas, além de alguns derivados de lipídios atuarem como hormônios e mensageiros intracelulares.
- Proteção contrachoque, pois os coxins gordurosos mantêm os órgãos corpóreos e os nervos protegidos contra lesões traumáticas e choques.
- Isolante térmico, pois a camada subcutânea de gordura preserva o calor corpóreo e mantém a temperatura.

- Digestão, absorção e transporte de nutrientes, já que a gordura da alimentação, além de inibir as secreções gástricas, torna mais lento o esvaziamento gástrico e estimulam o fluxo biliar e pancreático, facilitando o processo digestivo.
- Os lipídios ainda apresentam papel importante na qualidade dos alimentos, já que contribuem com a textura, sabor e aspectos nutricionais (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).



Os ácidos graxos de cadeia longa são importantes para estrutura celular e formação de eicosanoides, como as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos, sendo que são estruturas que atuam como hormônios e podem alterar o tamanho e a permeabilidade dos vasos sanguíneos e a atividade das plaquetas, diminuindo o processo de coagulação sanguínea e também a atividade inflamatória das células. Com isso, várias pesquisas já descrevem que principalmente os derivados do ômega 3, presentes em peixes ou óleos de peixe, trazem inúmeros benefícios na prevenção/tratamento de doenças. Cabendo ainda mencionar que, apenas de ser essencial também ao organismo o ômega 6, quando em excesso, satura as enzimas que dessaturam e alongam os ácidos graxos ômega 6 e 3, num mecanismo de disputa por alongamento de cada estrutura, fazendo com que a formação de EPA e DHA pelo organismo, fique prejudicada (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

E quanto aos alimentos fontes, onde encontramos as gorduras alimentares?

- Nos diferentes óleos e gorduras originados de frutos, como palma e oliva (azeite), ou de sementes, como milho e soja (forma líquida), assim como os próprios frutos (abacate). Aqui destacam-se a presença de lipídios insaturados, sendo no azeite de oliva mais presente os monoinsaturados e no óleo de linhaça os poli-insaturados.
- No tecido adiposo e nas gotículas intramusculares de gordura de animais, como porco, gado e aves; nas fontes marinhas, como óleos de peixe; e nos laticínios (leite, queijos, manteigas etc.), normalmente sólidas.
- O óleo de coco também é uma fonte de lipídio, mas é uma exceção, pois é uma fonte vegetal de lipídios, porém, contém altas quantidades de ácidos graxos saturados, incluindo os ácidos graxos de cadeia média (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

5 DIGESTÃO E ABSORÇÃO

O processo de digestão e absorção de lipídios pode ser dividido em quatro fases: a emulsificação e a hidrólise do lipídio; a absorção dos produtos hidrolisados pelos enterócitos; a ressíntese e o empacotamento da gordura nas lipoproteínas; e a secreção de lipoproteínas na circulação. Vamos lá!

A digestão dos lipídios, assim como dos carboidratos, inicia na boca, com a salivação e a mastigação, e pela ação da lipase lingual, que é pouco atuante e mais presente nos recém-nascidos, provocando a clivagem por hidrólise, preferencialmente dos ácidos graxos de cadeia mais curta.

Posteriormente, a hidrólise continua no estômago, com a ação da lipase gástrica, a qual também tem mais ação sobre os ácidos graxos de cadeia curta e média, além do processo de emulsificação gástrica, que acontece devido aos movimentos de mistura na região antral do estômago. Esse processo de emulsificação gástrica é essencial para garantir a eficiência da ação enzimática no duodeno, aumentando a superfície de contato.

Após a passagem pelo estômago, a gordura entra na porção superior do duodeno, estando composta por aproximadamente 70% de triglicérides e o restante, produtos de hidrólise, demonstrando que o foco principal da digestão dos lipídios é no intestino delgado, com a ação dos sais biliares e da lipase pancreática. Ainda, a chegada de gordura no intestino estimula a liberação de enterogastrona, responsável por inibir a secreção e motilidade gástrica, e com isso, tornando mais lenta a liberação de lipídios, fornecendo a sensação de saciedade.

Como a digestão é toda orquestrada por enzimas, temos ainda a presença de colecistocinina (CCK) que estimula as secreções biliar e pancreática. É importante ressaltarmos que a bile (composta pelos sais biliares, fosfolipídios e esteróis) é um líquido emulsificante produzido pelo fígado e secretado pelas vias biliares com a função de formar micelas que incorporam os lipídios para posterior absorção.

A lipólise pela lipase pancreática é rápida, de modo que a produção de monoacilgliceróis e de ácidos graxos livres é mais rápida que a incorporação nas micelas, que são partículas em suspensão na solução aquosa do lúmen intestinal transportados até os enterócitos, local onde as micelas se dissociam e as moléculas lipídicas são absorvidas por meio de difusão monomolecular.

Posterior, já dentro dos enterócitos, os ácidos graxos livres, que foram hidrolisados, migram para o retículo endoplasmático liso e são reesterificados ao glicerol formando novamente os triacilgliceróis, os quais juntamente com o colesterol, fosfolipídios e vitaminas lipossolúveis formam partículas que recebem a inserção de apoproteínas (apoB-48 e apoA-1) e passam a ser chamadas de quilomícrons, transportadores exógenos, liberados nos vasos linfáticos e atingem a circulação venosa sistêmica através do ducto torácico (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).

A partir dos quilomícrons é que se inicia o transporte, em que, os triacilgliceróis, no caminho, são hidrolisados a ácidos graxos livres e glicerol, pela enzima lipase de lipoproteína (LLP), os quais atravessam as paredes dos capilares atingindo as células e podendo ser usados como fonte de energia ou estocados como gordura no tecido adiposo, além de alguns ácidos graxos ligarem-se à albumina e serem captados pelo fígado.

Com essa liberação dos triacilgliceróis pelos quilomícrons, os remanescentes, que são principalmente constituídos por apo B-48 e apo E, fosfolípidios, colesterol, ésteres de colesterol e triacilgliceróis, participam da constituição de novas lipoproteínas, sendo usados para o transporte de colesterol, essas agora nomeadas como transportadoras endógenas (transportando os lipídios sintetizados pelo fígado), com a formação das partículas de VLDL dependente da presença de lipídios, colesterol, ésteres de colesterol e triacilgliceróis.

A característica do transportador VLDL é ser rica em triacilgliceróis, apresentar pequenas quantidades de colesterol e fosfolípidios, sendo a principal função liberar ácidos graxos livres para os tecidos adiposo e muscular e, com isso, se “transformar” em lipoproteínas de densidade intermediária, as IDL, as quais, estando no fígado, podem ser degradadas ou sofrer ação da LLP hepática e dar origem a famigerada LDL (lipoproteína de baixa densidade).

A LDL, por sua vez, é constituída, em maior proporção, por ésteres de colesterol, tornando-se a principal lipoproteína carreadora de colesterol para os tecidos periféricos, em que acaba por ter relação com doenças cardiovasculares, pois, devido ao seu menor tamanho tem alta capacidade de aterogenicidade, já que a penetração na parede arterial é mais facilitada podendo ocasionar oxidação e por consequência processos trombóticos.

Por fim, temos uma das mais importantes lipoproteínas no sentido de benefício a saúde, o HDL (lipoproteína de alta densidade), a qual é responsável pelo transporte reverso do colesterol, envolvendo sua passagem dos tecidos periféricos para o fígado, onde será metabolizado e eliminado na forma de ácidos e sais biliares, nesse processo tem destaque a enzima lecitina-colesterol aciltransferase (LCAT) que converte o colesterol em ésteres de colesterol e no fígado com receptores específicos (COMINETTI; COZZOLINO, 2013).



Para mais informações leia o texto a seguir:

Os benefícios dos ácidos graxos ômega 3 na alimentação: uma breve revisão

Camila Pacheco da Silva
 Carolina da Silva Ponciano
 Mayara Gabrielly Germano de Araújo
 Edson Douglas Silva Pontes
 Renally de Lima Moura
 Natália Dantas de Oliveira
 Emelly Naiara dos Anjos Dantas
 Elisiane Beatriz da Silva; José Thiago Alves de Sousa
 Shirlyayne Carla Alves de Oliveira
 Vanessa Bordin Viera

Resumo: Introdução: o ácido graxo ômega-3, é chamado de ácido alfa-linolênico sendo caracterizado por ser poli-insaturado essencial pois previne sintomas de deficiência e não pode ser sintetizado pelo organismo dos seres humanos. Desta forma, deve ser assimilado através do consumo de alimentos. O consumo dietético de PUFA ômega-3 é recomendado em diretrizes internacionais para a população em geral, principalmente por prevenir a ocorrência de diversas doenças. **Objetivo:** Esta revisão de literatura tem por objetivo demonstrar os principais benefícios nutricionais da introdução de ácidos graxos ômega 3 na alimentação. **Metodologia:** Refere-se a uma revisão por união de literaturas, no qual foram selecionados 5 artigos na língua portuguesa, referentes aos anos de (2014 a 2018), localizados na base Scielo e Google Acadêmico e os relatores: suplementação, benefícios nutricionais, ômega 3. **Resultados:** os ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 de cadeia longa (LCO3 – PUFAs) têm efeitos antiarrítmicos, reduzem a pressão arterial e diminuem os triglicerídeos. Estudos recentes têm relacionado o consumo de alimentos fontes de ômega-3 com a melhora da concentração e da memória, aumento da motivação e da velocidade de reação, aumento das habilidades motoras e prevenção de doenças degenerativas. Além de que, dentre os benefícios do consumo de ômega-3 destaca-se principalmente a diminuição das taxas de triglicérides e do colesterol total sanguíneo, sendo fator importante na redução da pressão arterial de indivíduos com hipertensão leve, diminuição da incidência de doenças coronarianas e aterosclerose, melhora na resposta inflamatória e conseqüentemente no sistema imunológico. Ademais, está relacionado com a inibição da depressão e diminuição da proliferação de células cancerígenas. **Conclusão:** Portanto, conclui-se que o ômega 3 agrega diversos benefícios à saúde dos indivíduos principalmente no requisito prevenção e ocorrências de doenças. Entretanto devemos ressaltar que o excesso de qualquer alimento pode ser prejudicial à saúde e que apesar do ômega-3 ser considerado um alimento funcional, é importante lembrarmos que ele é uma gordura e como todas as gorduras, agrega valor calórico aos alimentos. Neste caso, seu consumo deve ser realizado em substituição de outras gorduras e não apenas em adição ao restante da alimentação diária, sendo seu consumo estimulado dentro dos hábitos alimentares adequados.

FONTE: <<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0038-1674897>>. Acesso em: 9 jan. 2020.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- Lipídios fornecem aproximadamente 9 kcal por grama.
- Os lipídios são estruturas compostas por carbono, oxigênio e hidrogênio com característica hidrofóbica, ou seja, insolubilidade em água.
- Os ácidos graxos são estruturas simples que fazem parte da família dos lipídios, e são os mais presentes na nossa alimentação, sendo que ficam em forma de armazenamento como triglicerídeos.
- Os ácidos graxos podem ser classificados de acordo com o tamanho da estrutura, ou seja, de acordo com a quantidade de carbonos presentes e conforme as ligações.
- São classificados em ácidos graxos de cadeia curta (4 a 6 carbonos); ácidos graxos de cadeia média (8 a 14 moléculas); ácidos graxos de cadeia longa (16 a 20 ou mais carbonos).
- São classificados em saturados quando a ligação entre carbonos e hidrogênios é simples e, insaturados, quando existe dupla ligação.
- Quando possuem apenas uma dupla ligação são nomeados de monoinsaturados, com mais de uma ligação são chamados poli-insaturados.
- Os ácidos graxos saturados naturalmente são sólidos (banha de porco) e os ácidos graxos insaturados são líquidos em temperatura ambiente (óleos vegetais).
- Os ácidos graxos são sintetizados pelo organismo, com exceção dos ácidos graxos conhecidos como essenciais, o ômega 3 e 6, pois não são sintetizados pelo corpo e necessitam ser consumidos pela alimentação.
- O ômega 6 é encontrado principalmente nos óleos vegetais e o ômega 3 nos peixes, linhaça e chia.
- Devemos consumir o ômega 3 e 6 de forma equilibrada, pois competem pela enzima de alongamento de sua estrutura, e se o consumo de ômega 6 for muito maior, não conseguimos o efeito benéfico dos derivados do ômega 3, o EPA e DHA que auxiliam na redução da inflamação e sistema neurocognitivo.
- Os triglicerídeos são estruturas de 3 ácidos graxos ligados a um glicerol, sendo que os ácidos graxos podem ser de diferentes tamanhos de cadeia e de saturação.

- 95% dos ácidos graxos que consumimos e que estão presentes no nosso organismo estão na forma de triglicerídeos.
- Além dos triglicerídeos, temos nos alimentos, também, os fosfolipídios, de suma importância para a construção e estrutura das membranas celulares.
- Os lipídios possuem muitas funções, entre elas a reserva de temperatura (isolante térmico), protetor de órgãos essenciais; produtor de hormônios; transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis, estrutura das membranas celulares.
- Assim como os lipídios o colesterol também possui várias funções, como a produção de hormônios, digestão e absorção de gorduras, considerando sua “cabeça” polar.
- O transporte dos lipídios após o consumo alimentar é feito pelos quilomícrons, transportador exógeno; posterior o transporte dos ácidos sintetizados pelo fígado é realizado pelos transportadores endógenos: o VLDL; IDL; LDL e HDL, sendo o HDL o transportador reverso.



Ficou alguma dúvida? Construimos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.





1 O organismo humano sintetiza a maior parte dos lipídios necessários à sobrevivência. Todavia, o ácido linoléico e linolênico são considerados ácidos graxos essenciais, pois não podem ser sintetizados, sendo provenientes apenas da via exógena. Considerando as afirmações a seguir:

- I- O ácido linoléico (ômega 6) é consumido em maior quantidade pela população (presente em óleos vegetais), quando comparado ao consumo de ácido linolênico (ômega 3), seu consumo em excesso pode favorecer a um aumento na atividade do sistema inflamatório devido à ativação dos tromboxanos A₂, que aumentam a vasoconstrição.
- II- O ômega 3 está presente principalmente em peixes, tecidos verdes das plantas, óleo de fígado e algumas sementes como linhaça, sendo que a sua forma funcional (EPA e DHA) está presente apenas nos peixes.
- III- Para que ocorra a ação anti-inflamatória do ácido linolênico, ele deve estar na forma de ácido eicosapentanóico e docosahexanóico, pois é nessa estrutura que ocorre através da enzima cicloxigenase a ativação das substâncias que possuem esta ação.
- IV- Os ácidos graxos de cadeia curta e média (TCM) são absorvidos mais rapidamente que os ácidos graxos de cadeia longa, pois não passam pelo processo de formação de micela para absorção, caindo direto na veia porta após a passagem pelo estômago.
- V- O consumo de carboidratos, assim como de triglicerídeos quando em excesso facilitam a via de síntese dos ácidos graxos, conseqüentemente inibindo sua oxidação e utilização como fonte de energia.

Estão CORRETAS as afirmativas:

- a) () I, II e IV.
- b) () I, III e V.
- c) () II, IV e V.
- d) () II, III e IV.
- e) () I, II, III, IV e V.

2 Considerando as lipoproteínas transportadoras de ácidos graxos em suas diferentes formas, assinale a opção a seguir que corresponde à lipoproteína de transporte dos ácidos graxos exógenos:

- a) () Quilomícrons.
- b) () VLDL
- c) () HDL
- d) () Micelas
- e) () Triglicerídeos

- 3 Pensando a nível de metabolização, porque a recomendação para consumo de ômega 6 e ômega 3, deve ser equilibrado?
- 4 A relação entre gordura da dieta e a doença cardiovascular é muito investigada, destacando-se, nesse processo, o consumo de ácidos graxos trans. Sobre esse tema, assinale a alternativa INCORRETA:
- a) () O ácido linolênico é um importante precursor do EPA (Ácido Eicosapentanóico) e do DHA (Ácido Docosa-hexanóico), contribuindo assim para a ação protetora cardiovascular.
 - b) () O consumo de ácidos graxos trans aumenta o colesterol LDL sem alterar o HDL.
 - c) () A substituição dos ácidos graxos saturados por insaturados reduz o colesterol total e o LDL, por vários mecanismos, um deles é a menor produção e maior remoção de LDL e alteração da estrutura das LDL de forma a diminuir o conteúdo de colesterol da partícula.
 - d) () As gorduras monoinsaturadas, encontradas no azeite e no abacate, reduzem o colesterol LDL sem diminuir o HDL.
 - e) () As gorduras saturadas podem aumentar o risco de doenças cardiovasculares por aumentar os níveis do colesterol VLDL e LDL.

NUTRIÇÃO HUMANA

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM

A partir do estudo desta unidade, você deverá ser capaz de:

- compreender a importância das vitaminas e dos minerais no organismo humano;
- diferenciar o metabolismo/funções das vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis;
- reconhecer os alimentos que são fontes desses micronutrientes;
- explorar as funções e metabolismo dos micronutrientes, compreendendo as consequências de suas carências e excessos;
- conhecer algumas nuances que envolvem a biodisponibilidades dos nutrientes;
- compreender a importância da água, suas funções e regulação do controle hídrico no organismo humano.

PLANO DE ESTUDOS

Esta unidade está dividida em três tópicos. No decorrer da unidade você encontrará autoatividades com o objetivo de reforçar o conteúdo apresentado.

TÓPICO 1 – VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

TÓPICO 2 – VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

TÓPICO 3 – MINERAIS E ÁGUA



Preparado para ampliar seus conhecimentos? Respire e vamos em frente! Procure um ambiente que facilite a concentração, assim absorverá melhor as informações.



VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

1 INTRODUÇÃO

Olá, acadêmico! Chegamos ao final do Livro Didático de Nutrição Humana, como está seu mergulho neste instigante mundo da nutrição? Esperamos que esteja “se encontrando” e compreendendo o quão amplo é ser um profissional da nutrição, que adentra na vida do paciente/cliente e interfere diretamente na rotina dele. Neste momento, continuaremos a falar de nutrientes, suas funções, necessidades, fontes e metabolismo, mas, agora, falaremos dos micronutrientes, mais conhecidos como vitaminas e minerais.

Compartilharemos a diferença química das vitaminas e dos minerais, veremos como são absorvidos e utilizados pelo corpo humano, assim como as suas funções diárias e necessárias ao nosso metabolismo e desenvolvimento, já usamos como exemplo o zinco, um importante mineral que atua como co-enzima em mais de 300 enzimas, consegue imaginar o impacto da deficiência do zinco? E a vitamina D? Que vem sendo chamada de hormônio pela sua gama de atuação em diferentes tecidos do corpo.

E a água, o que acha da água? Será que realmente precisamos consumir pelo menos oito copos de água ao dia? O que de tão importante ela fará em nosso corpo? Transporte de nutrientes, eliminação de substâncias tóxicas, controle de temperatura corporal.

São vários os exemplos que poderíamos utilizar nessa introdução, mas vamos lá, detalhar cada um deles! Bons estudos!

2 VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

Acadêmico, devemos nos lembrar de ter aprendido sobre as vitaminas em outras disciplinas aqui do curso e na disciplina de ciências, no ensino fundamental, certo? Vamos relembrar o seu conceito? As vitaminas são compostos orgânicos, ou seja, possuem em sua composição carbono, hidrogênio e oxigênio, que possuem como função principal regular as funções do organismo, sendo que são todas essenciais, pois devem ser ingeridas via alimentação, já que nosso corpo não é capaz de sintetizá-las em quantidades suficientes para executar suas atividades biológicas.

Aproveitando esse momento de recordar, você lembra o que significa a palavra vitamina? E como ela foi descoberta? O prefixo *vita* quer dizer “vida” em latim, e amina, pelo conceito químico, já que a primeira vitamina descoberta possuía em sua estrutura o grupo amina.

Conforme conta a história, o início do século XX marcou uma era muito importante na história da ciência da nutrição, momento em que os cientistas descobriram que, para a vida e o crescimento, os animais necessitavam de algo mais do que carboidrato, proteína, gordura e água. Nesse contexto, a primeira vitamina descoberta foi a Tiamina (B1), devido a uma epidemia que na época matou milhares de pessoas, o Beribéri, sendo que após muitas investigações e a dificuldade de a comunidade científica aceitar que a doença poderia ser causada por algum componente dos alimentos, Casimir Funk, bioquímico polonês, descobriu que era deficiência da riboflavina e a isolou do polimento do arroz, dando à substância o nome de vitamine por se tratar de um amino e também ser necessário à vida (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

Posteriormente a esse evento, McCollum e Davis extraíram da gordura da manteiga, uma substância, a qual chamaram de lipossolúvel A (vitamina A) para diferenciá-la da substância antiberibéri hidrossolúvel, já que apresentavam diferenças em sua solubilidade.

Como as primeiras vitaminas descobertas foram nominadas por letras, a partir de então, cada vitamina nova descoberta recebia uma letra, sendo que essas eram descobertas em razão de sua ausência na dieta.

Como vimos anteriormente, as duas primeiras vitaminas tinham uma particularidade, a vitamina B era hidrossolúvel, ou seja, solúvel em água e a vitamina A, lipossolúvel, solúvel em gordura, com isso, já podemos evidenciar um pouco mais desses grupos:

- Vitaminas hidrossolúveis: fazem parte desse grupo, a vitamina C e todo complexo B (B1, B2, B3, B5, B6, B8, B9, B12), essas vitaminas, por suas características, têm mais facilidade para serem absorvidas e transportadas, assim como não possuem mecanismo de reserva, em sua maioria, quando consumidas acima da necessidade do indivíduo são eliminadas na urina, com exceção da vitamina B12, que possui mecanismo de reserva no fígado. Essas são as vitaminas que destacaremos neste tópico.
- Vitaminas lipossolúveis: fazem parte desse grupo as vitaminas A, E, D e K. As quais, para serem absorvidas e transportadas, necessitam de gorduras, e exatamente por esse mecanismo são reservadas no fígado e tecidos, podendo exercer toxicidade se consumidas em excesso.

Podemos, de uma forma geral, caracterizar as vitaminas como:

- compostos orgânicos diferentes dos carboidratos, gorduras e proteínas;
- compostos naturais dos alimentos;

- são essenciais, ou seja, não são sintetizados pelo corpo em quantidades suficientes;
- essenciais em quantidades mínimas para função fisiológica normal;
- causam síndrome de deficiência específica pela sua ausência (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Todas as vitaminas podem causar hipovitaminose e hipervitaminose no organismo humano, pois quando são consumidas em quantidades insuficientes por um período prolongado podem causar no indivíduo um quadro de hipovitaminose, específico para cada vitamina, assim como quando consumidas em quantidades excessivas por um período mais prologado podem causar hipervitaminose.



São conhecidos como vitâmeros as múltiplas formas das vitaminas (todos os isômeros e análogos ativos). Como, por exemplo, a piridoxina, conhecida como vitamina B6 e possui como vitâmero a piridoxamina. Também de forma geral, as funções metabólicas das vitaminas foram classicamente categorizadas: estabilizadores de membrana; doares e receptores de hidrogênio; hormônios; coenzimas, sendo que suas funções são bem amplas e com interferência direta na expressão gênica em muitos casos.

Agora, vamos dar continuidade falando de cada vitamina hidrossolúvel, dando prioridade para funções, quantidades e fontes alimentares.

2.1 TIPOS DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS

Relembrando, então, fazem parte desse grupo: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Niacina (B3), Ácido pantotênico (B5), Piridoxina (B6), Biotina, Ácido fólico (B9), Cianocobalamina (B12) e Ácido ascórbico (C). Como são hidrossolúveis tendem a ser absorvidas pela difusão simples quando consumidos em quantidades maiores, e quando em quantidades menores, carreado por mediadores, sendo distribuídos nas partes aquosas das células, atuando como cofatores essenciais das enzimas envolvidas nos vários aspectos do metabolismo.

2.1.1 Vitamina C

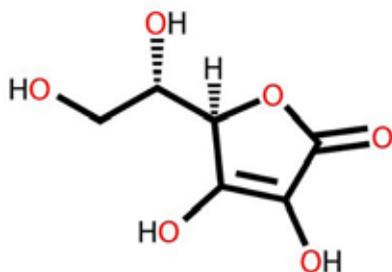
A Vitamina C é um composto de seis carbonos, descoberta em 1928, sendo isolada no mesmo ano, e sua estrutura determinada apenas em 1933. Todavia, cabe destacar que os efeitos de sua deficiência remontam a história da humanidade, através dos relatos das histórias dos marinheiros ingleses que morriam com

sangramento na gengiva (escorbuto) em alto-mar. Já no início de 1800, a Marinha britânica introduziu na alimentação dos marinheiros, o suco de limão, buscando evitar novos surtos de escorbuto.

Szent-Györgyi (1928) e King (1932) são considerados descobridores da vitamina, Szent-Györgyi, isolou a vitamina, e Haworth, determinou sua estrutura, recebendo o Prêmio Nobel em 1937 por suas pesquisas (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

A Vitamina C atua em reações de oxirredução e é sintetizada a partir da glicose e da galactose por plantas e maioria dos animais, todavia, um dos mamíferos que não é capaz de sintetizá-la, somos nós, seres humanos, porque não possuímos a enzima 1-gulonolactona oxidase (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

FIGURA 1 – ESTRUTURA QUÍMICA DO ÁCIDO ASCÓRBICO



FONTE: <<https://static.manualdaquimica.com/conteudo/images/2017/05/formula-estrutural.jpg>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

Quanto às fontes alimentares da Vitamina C, esta é encontrada em tecidos vegetais e animais, conforme comentamos anteriormente, sendo suas melhores fontes as frutas, vísceras e hortaliças, no qual, o conteúdo de Vitamina C em cada alimento é variável, pois depende do clima ao qual a planta foi cultivada no momento da colheita. Entre esses alimentos, destacamos a acerola, aspargos, mamão papaia, laranja, melão-cantalupo, caqui, acerola, caju, couve-flor, brócolis, couve-de-bruxelas, pimentão verde, couve, limão e morango. De modo geral, os suplementos fornecem Vitamina C como ácido ascórbico livre, ascorbato de cálcio e palmitato de ascorbil.

A maior parte dos alimentos rapidamente refrigerados e congelados consegue manter a Vitamina C, pois ela é facilmente destruída pela oxidação, que é gerada na presença de oxigênio, calor, luz, além de ser hidrossolúvel, ou seja, “perdida” na água (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.1.1 Absorção, transporte, armazenamento

A Vitamina C, assim como a maioria dos micronutrientes, não requer digestão antes de ser absorvida pelos enterócitos. A absorção do ácido ascórbico pode ocorrer em toda a borda estriada do intestino delgado.

O ácido ascórbico pode estar presente no alimento também na sua forma oxidada, o ácido deidroascórbico. A efetividade da absorção da Vitamina C no intestino é bem significativa quando com baixa ingestão (80%), a qual reduz com ingestões maiores de 1 g/dia, o que demonstra a perfeita sincronia dessa orquestra que é o nosso organismo, o qual aproveita melhor do nutriente quando o mesmo está sendo consumido em baixas quantidades.

O ácido ascórbico é a forma reduzida da Vitamina C, e é como é transportada no plasma, sendo capturada pelas células por intermédio de um transportador de glicose e sistema de transporte específico. Ambos os sistemas de captação são efetivos, todavia, o que é dependente de glicose é mais lento e estimulado pela insulina. Quando concentrada nos tecidos, fica na forma oxidada (ácido deidroascórbico), particularmente na suprarrenal, olho e cérebro (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.1.2 Funções

A Vitamina C atua muito bem como antioxidante, pois perde com facilidade os elétrons de sua última camada, de modo reversível, atuando como um sistema redox. Com essa particularidade, a Vitamina C participa de reações de transporte de elétrons, como as envolvidas na síntese de colágeno e carnitina. Também atua como agente redutor para proporcionar estabilidade ao ferro em seu estado ferroso, possibilitando desta forma que as enzimas de hidroxilação funcionem.

Com a propriedade antioxidante, ela reage com as espécies reativas de oxigênio potencialmente tóxicas, como o superóxido e radical hidroxila, prevenindo de inúmeros danos oxidativos. Ainda, o ácido ascórbico, age na hidroxilação de certos esteroides sintetizados na glândula adrenal, o que faz com que em períodos de estresse, a quantidade de vitamina circulante seja reduzida, já que a atividade do hormônio produzido pela adrenal é alta.

Além disso, faz parte de diferentes vias metabólicas que derivam em aminoácidos, como é o caso da fenilalanina e tirosina que dependem da Vitamina C, assim como a conversão de folato em ácido tetraidrofólico e do triptofano em 5-hidroxitriptofano e, conseqüentemente, no neurotransmissor serotonina e para a formação de norepinefrina a partir da dopamina (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

E, então, acadêmico, o que acha dessa gama de campos de atuação da Vitamina C? Mas não acabou ainda. Ela também é presente na redução do ferro férrico em ferroso, o que facilita a absorção do ferro e promove melhorias na atuação do sistema imunológico.

2.1.1.3 Ingestão dietética de referência

As doses recomendadas de Vitamina C são expressas em miligramas e são definidas pelas DRI's, conforme vimos na Unidade 1, girando em torno de 60 mg/dia, dependendo do sexo/idade e condições fisiológicas. Sendo que a Vitamina C também tem estipulada a UL (aproximadamente 2500 mg). Devido a menores concentrações séricas de ácido ascórbico em tabagistas, foi recomendado o consumo médio de 100 mg/dia para este grupo de pessoas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.1.4 Sintomas de deficiência e toxicidade

A deficiência mais conhecida ligada à Vitamina C é o escorbuto, muito comum na época dos marinheiros, como mencionamos no início dessa unidade. Os sinais se manifestam após 45 a 80 dias de privação dessa vitamina. As lesões acontecem em tecido mesenquimais e resultam na dificuldade de cicatrização, prejudicando a “cura” das feridas, edema, hemorragias, fraqueza na estrutura óssea, cartilagem e tecidos conjuntivos. Nas crianças a deficiência de Vitamina C é chamada de *Moeller-Barlow*, e pode se desenvolver também em lactentes que recebem fórmulas não enriquecidas com a Vitamina C.

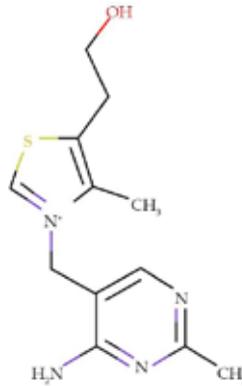
Nos adultos, a maior manifestação se dá na gengiva, que fica edemaciada e com sangramento, causando perda dos dentes, letargia, fadiga, dores nas pernas e alterações psicológicas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Quanto aos efeitos do consumo exacerbado da Vitamina C, tem-se distúrbios no trato gastrointestinal e diarreia, além de discussões ainda não conclusivas, sobre seu excesso pode desencadear o câncer, devido ao seu efeito pró-oxidante quando em excesso. Assim como o risco de desenvolver cálculos renais de oxalato devido produção de oxalato durante seu metabolismo.

2.1.2 Tiamina

A tiamina, também conhecida como Vitamina B1, é muito importante para o metabolismo do carboidrato e as funções do sistema nervoso central. A forma como ela é consumida ainda não está ativa, devendo ser ativada pela fosforilação em tiamina trifosfato (TTP) ou cocarboxilase, uma coenzima no metabolismo energético (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

FIGURA 2 – ESTRUTURA QUÍMICA DA TIAMINA



FONTE: <<https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/04/vitamina-b1-tiamina.jpg>>. Acesso em: 9 jan. 2020.

A tiamina está presente em uma gama de alimentos, todavia, em pequenas quantidades, sendo que, apesar de possuir em quantidades menores, os grãos integrais é que representam a maior oferta na alimentação na maioria dos indivíduos. Os alimentos que a possuem de forma mais expressiva são: o levedo de cerveja e o fígado.

Ainda é interessante destacarmos que os alimentos de origem vegetal contêm a tiamina de forma livre, sendo que esta possui a vitamina já na sua forma ativa TPP, que atua de forma mais ativa.

Destacaremos, na próxima unidade, a biodisponibilidade dos nutrientes, mas cabe já mencionarmos aqui que a tiamina é destruída quando exposta ao calor (bastante variável, dependendo do alimento, presença de água, temperatura), oxidação e radiação iônica, sendo estável quando congelada, demonstrando que, quando os vegetais são congelados, mantêm as vitaminas hidrossolúveis (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.2.1 Absorção, transporte e armazenamento

Assim como a Vitamina C, a tiamina é absorvida sem gasto de energia quando em maiores quantidades no intestino delgado (>5 mg/dia), e quando em menores quantidades acontece por transporte ativo, o qual é inibido pelo consumo de álcool, dificultando o transporte da vitamina. Conforme mencionado anteriormente, a captação da tiamina ocorre quando está na sua forma ativa TPP, após ser fosforilada, a qual é levada para o fígado pela circulação portal.

A tiamina, em sua maioria, é carreada como TPP pelos eritrócitos, sendo que a captação pelos tecidos periféricos pode ocorrer por difusão passiva e transporte ativo, em que as concentrações variam, mas, sem muita expressividade devido a sua solubilidade em água.

Posteriormente, a tiamina é fosforilada nos tecidos pelas cinases específicas em ésteres de difosfato e trifosfato, podendo gerar cerca de 20 outros metabólitos excretados na urina (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.2.2 Funções

Para efetivar as funções que lhe competem, é necessário estar na sua forma funcional (TPP), na qual atua como coenzima para várias ações das enzimas desidrogenases essenciais para o metabolismo de geração de energia (piruvato e alfa-cetoácidos). Além de ser necessário, no metabolismo proteico, na conversão do alfa-cetoglutarato e 2-cetocarboxilatos derivados dos aminoácidos metionina, treonina, leucina, isoleucina e valina, e no metabolismo do carboidrato, atuando como coenzima para a transcetolase, que catalisa as reações de troca de fragmentos de carbono na oxidação de glicose pelo desvio da hexose monofosfato (MAHAN; ESCOTT-STUMPP, 2011).

2.1.2.3 Ingestão dietética de referência

A tiamina tem sua necessidade expressa em miligramas, em geral as RDAs são baseadas nos níveis de ingestão de energia, já que tem ação direta no metabolismo energético, sendo que a determinação para lactentes vem de encontro ao encontrado no leite materno. Nas DRI's, você encontra as quantidades recomendadas para idade, sexo e condições fisiológicas, sendo a média para adultos de 1,1 mg/dia e o limite máximo tolerável de ingestão não foi estabelecido.

2.1.2.4 Deficiência e toxicidade

A redução no consumo de fontes alimentares de tiamina pode levar o organismo a desenvolver os sintomas de carência/deficiência, os quais, em primeira instância, são a anorexia com conseqüente redução do peso corporal, sinais cardíacos e neurológicos, além de poder desencadear o beribéri, que é caracterizada por confusão mental, perda muscular, edema, neuropatia periférica, taquicardia e cardiomegalia. O beribéri pode ser subdividido quando apresenta edema (úmido) e quando não apresenta edema (seco).

Nessa condição do beribéri, vamos diferenciar os sinais e sintomas: beribéri seco é associado à privação de energia e falta de atividade, já no beribéri úmido ocorre uma alta ingestão de carboidrato juntamente a exercícios físicos extenuantes, sendo que o edema é ocasionado pela insuficiência cardíaca congestiva biventricular com congestão pulmonar (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Você, acadêmico, imagina o porquê acontece esse edema? Sem a TPP (forma ativa da tiamina), o piruvato (forma de energia) não é convertido em acetil-CoA, “bloqueando” o funcionamento do ciclo de TCA, e, conseqüentemente, a privação de energia no músculo cardíaco que resulta em insuficiência cardíaca congestiva, resultando no edema. Como a administração da tiamina em pacientes com beribéri há uma reversão do quadro, todavia, esse não pode ter tido dano neural e envolvimento cardíaco extenso.

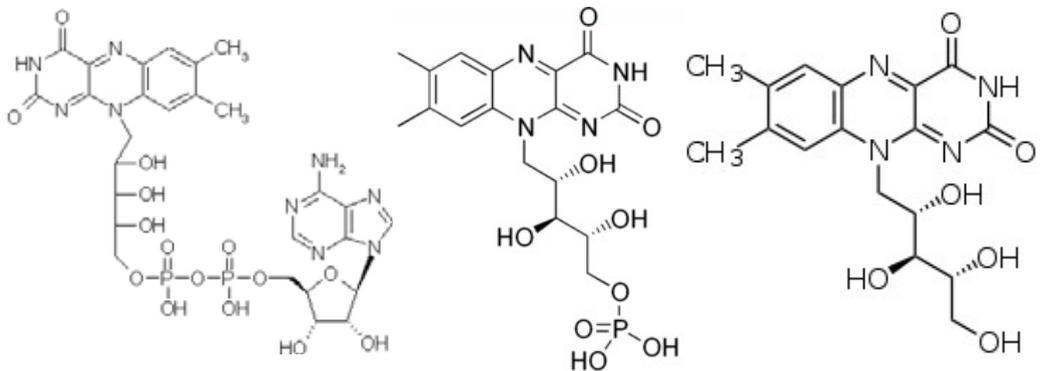
É importante destacarmos que a deficiência dessa vitamina não é comum, sendo mais evidenciada em regiões pobres, onde ocorre o consumo quase que exclusivo de arroz branco ou onde o consumo de peixes crus é muito frequente, devido à tiaminase que inativa a tiamina. Além disso, conforme comentado inicialmente, com o consumo excessivo de álcool, não ocorre o aproveitamento da vitamina de forma significativa, sendo que, para desintoxicação alcoólica, é necessário a tiamina, formando um “ciclo vicioso”.

Quanto à toxicidade, há pouquíssima informação referente a ela, por isso, não temos evidenciado ainda um valor de UL, todavia, doses 1000 vezes maiores do recomendado (quase impossível via alimentação, mas sim de suplemento) pode causar supressão do centro respiratório. Ainda, segundo Mahan e Escott-Stump (2011), consumo de 100 vezes a quantidade recomendada pode causar dores de cabeça, convulsões, fraqueza muscular, arritmia cardíaca e reações alérgicas.

2.1.3 Riboflavina

Muito semelhante a tiamina, a riboflavina (Vitamina B2) é de suma importância para o metabolismo do carboidrato, lipídio e proteína, além de possui capacidade de proteção antioxidante. As suas principais estruturas químicas para atuar nesse processo são: a coenzima flavina adenina dinucleotídeo (FAD) e flavina adenina mononucleotídeo (FMN).

FIGURA 3 – ESTRUTURA QUÍMICA DA RIBOFLAVINA E SUAS FORMAS ATIVAS



Legenda: Imagem A – FAD; Imagem B – FMN; Imagem C – Riboflavina.

FONTE: <<http://www.lbq.unb.br/bioq/htm/biomoleculas/geral/FAD.HTM>>. Acesso em: 13 jan. 2020.

Os alimentos considerados fontes de riboflavina são os vegetais folhosos verdes, carnes e laticínios. Também é presente nas farinhas devido ao enriquecimento, pois, durante os processos de moagem, muita dessa vitamina é perdida, e, dessa forma, os pães e cereais enriquecidos acabam sendo a maior fonte desse nutriente presente na alimentação.

Quando comparada com a tiamina, não possui tanta instabilidade ao calor, todavia é destruída por álcalis e exposta à irradiação ultravioleta. Um bom exemplo é quando é adicionado bicarbonato de sódio para amolecer ervilhas e feijões, nesse momento, grande parte da riboflavina é perdida (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.3.1 Absorção, transporte e armazenamento

A riboflavina é, na maioria das vezes, encontrada nos alimentos ligada às proteínas na forma de FAD e FMN, sendo que a absorção no intestino delgado só é possível após a clivagem hidrolítica da riboflavina livre através das fosfatases, estando essa na forma de FMN, acontecendo por intermédio do uso de ATP.

Cabe destacarmos, que a riboflavina é convertida inicialmente em sua forma de coenzima (FMN) pela enzima flavoquinase, a qual, conforme já mencionado, realiza a fosforilação dependente de ATP, posterior, a FMN é convertida em FAD pela FAD-pirofosforilase, sendo que todo o processo é regulado pelos hormônios tireoidianos, adrenocorticotrófico (ACTH) e aldosterona.

O transporte da riboflavina livre e FMN ocorre quando ligadas a proteínas, principalmente a albumina. Apesar de termos pequenas quantidades dessa vitamina no fígado e rim, sua reserva não é relevante, precisando estar diariamente na alimentação. A maior parte de seu excesso é excretado pela urina (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).



"Uma proteína específica ligante da riboflavina (RFBP) também foi identificada e acredita-se que ela atue no movimento transplacentário da vitamina A" (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 84).

2.1.3.2 Funções

As “versões” ativas da riboflavina (FMN e FAD) são aceitadoras de átomos de hidrogênio, formando, com isso, o FMNH₂ e FADH₂, participando dessa forma das reações redox. FMN e FAD catalisam reações de oxirredução nas células, funcionando como carreadores de hidrogênio no sistema de transporte de elétrons na mitocôndria. Além disso, agem diretamente no metabolismo energético por atuar como coenzimas de desidrogenases que catalisam a primeira oxidação dos ácidos graxos e de vários metabolitos intermediários da glicose.

Também, preste atenção, acadêmico, perceba como são todas interligadas e, por isso, que, inicialmente, os cientistas não sabiam das diferenças entre as ações das vitaminas do Complexo B, o FMN se faz necessário na conversão da piridoxina na sua forma ativa que é o piridoxal fosfato e o FAD é necessário na biossíntese de niacina a partir do triptofano, como veremos no próximo item.



“Estudos sobre catarata sugere que suplementos nutricionais ajudam na melhora da catarata (incluindo a riboflavina), e Powers (2003) revisou implicações da riboflavina para saúde humana e concluiu que ela estava associada a uma série de doenças” (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 386).

2.1.3.3 Ingestão dietética de referência

A ingestão diária recomendada de riboflavina inclui AI para lactentes e RDAs com valor médio estipulado para adultos em 1,3 mg/dia, sem determinação de UL. A necessidade dessa vitamina é maior durante a gestação e a lactação, possibilitando a síntese tecidual nesse momento e a riboflavina cedida no leite humano.

2.1.3.4 Deficiência e toxicidade

Para que ocorra a manifestação dos sinais e sintomas da deficiência de riboflavina, o consumo de riboflavina deve estar deficiente a alguns meses, o que gerará os sintomas de fotofobia, lacrimejamento, queimação e coceira dos olhos, perda de acuidade visual, sensibilidade e queimação dos lábios, boca e língua, em que, nos casos mais crônicos, ocorre a queilose, estomatite angular, erupção gordurosa da pele, língua magenta e inflamada, além de neuropatia periférica. Segundo Jacques *et al.* (2005), a riboflavina também está associada ao desenvolvimento da catarata quando também à falta de múltiplas vitaminas.

Para avaliarmos o estado nutricional de riboflavina, é necessário avaliar a atividade do eritrócito glutatona redutase, enzima que necessita de FAD e converte a glutatona oxidada em reduzida.



"A fototerapia para lactentes com hiperbilirrubinemia com frequência leva à deficiência de riboflavina (pela foto destruição da vitamina) se terapia não incluir também a suplementação de riboflavina (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 85).

Quanto à toxicidade, não temos relatos de toxicidade de suas altas doses, todavia, sabe-se que não são benéficas.

2.1.4 Niacina

A niacina, Vitamina B3 é o termo genérico utilizado para a nicotinamida e ácido nicotínico e assim como as demais vitaminas vistas até agora, atua como coenzima, nesse caso do nucleotídeo de piridina, a nicotinamida adenina dinucleotídeo, mais conhecida como NADH e NADPH, essenciais em todas as células para a produção de energia, lembrando que NADH e NADPH são as formas reduzidas de NAD e NADP. A forma de descoberta da niacina foi um fato muito interessante, pois ela foi identificada como resultado da cura da pelagra, uma doença comum na Europa no século XVIII e que devastou o sul dos EUA no século XX.

FIGURA 4 – ESTRUTURA DO ÁCIDO NICOTÍNICO E NICOTINAMIDA



FONTE: Gropper, Smith e Groof (2011, p. 332)

Diferente das demais vitaminas dessa família, vistas até agora, a niacina está presente em muitos alimentos, como as carnes, principalmente as magras de aves e peixes, amendoins e levedos. O leite e derivados, por sua vez, possuem pouca disponibilidade de niacina, mas são ricos em triptofano, um aminoácido precursor da niacina, viabilizando também uma quantidade suficiente de Vitamina B3 (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.4.1 Biossíntese, absorção, transporte e armazenamento

Conforme mencionado, a niacina pode ser produzida a partir do aminoácido triptofano, embora não o seja de forma tão significativa. Para que ocorra a conversão do triptofano em niacina são necessários a presença quantitativa de triptofano e niacina, bem como o estado nutricional da piridoxina (Vitamina B6). De maneira geral, o ser humano necessita do consumo de 60 mg de triptofano para síntese de 1 mg de niacina.

É encontrada nos alimentos, na maioria das vezes nas fontes de carne, no formato de coenzima NAD e NADPH, sendo que, para serem absorvidas, precisam estar no formato de nicotinamida (Nam) e ácido nicotínico (NA), assim como a niacitina, niacina ligada a complexos proteicos e de carboidrato e que não é biologicamente disponível, os quais estão bem presentes nos vegetais e precisam da ação da hidrólise alcalina para ficar biodisponíveis.

Após a ação das enzimas para que a niacina seja absorvida (Nam e NA), esses são absorvidos no intestino delgado por difusão facilitada, através de carreador, sendo posteriormente transportada no plasma e captada pelos tecidos, onde é retida em NAD e NADPH, as quais são hidrolisadas para novamente termos o Nam, que pode ser desaminada em NA (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.4.2 Funções

Mais uma vez, repetimos, a importância dessas vitaminas no metabolismo energético, as coenzimas NAD e NADPH também são carreadoras de elétrons, atuando como cossustratos de mais de 200 enzimas, as quais agem no metabolismo dos macronutrientes.

É importante salientar que NAD e NADPH exercem papéis bem diferentes no nosso organismo, as reações dependentes de NAD são direcionadas para a respiração intracelular e o NADPH é necessário nas vias biossintéticas. Ainda a niacina desempenha um papel crucial no DNA, devido a sua atuação no metabolismo, influenciando dessa forma no risco/ou não de câncer (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.4.3 Ingestões dietéticas de referência

A niacina, assim como as demais vitaminas do Complexo B, tem sua necessidade diária em miligramas, também inclui AI para lactentes e RDAs para demais estratificações, as quais em média recomendam o consumo diário de 14/16 mg/dia, tendo, no seu caso, a UL já estipulado em 35 mg/dia.

2.1.4.4 Deficiência e toxicidade

O baixo ou não consumo de niacina pode desencadear fraqueza muscular, anorexia, indigestão e erupções cutâneas, sendo que, se a falta se tornar crônica, desencadeia a pelagra, doença conhecida pelos 3 D's (dermatite, demência e diarreia), seguida de tremores e língua sensível.

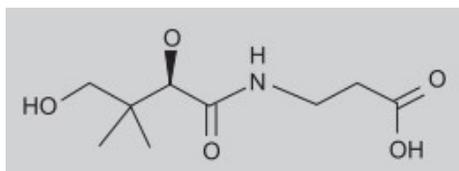
Os sintomas relacionados ao sistema nervoso central englobam confusão, desorientação e neurite, na falta persistente da vitamina, pode levar o indivíduo à morte. Entende-se que a dieta de pessoas que desenvolvem pelagra é muito pobre, não apenas em vitaminas, mas também de aminoácidos (MAHAN; ESCOT-STUMPP, 2011).

Quanto à toxicidade, como as demais, por serem hidrossolúveis, possuem uma baixa toxicidade, contudo, é relatado por Malik e Kashyap (2003) que doses de 1 a 2 g/dia, por mais de 3 dias consecutivos causou liberação de histamina que causa rubor e pode ser prejudicial a pessoas alérgicas e úlcera péptica, além de poder ser tóxico para o fígado, lembrando que suplementos com megadoses de vitaminas são medicamentos.

2.1.5 Ácido pantotênico

O termo ácido pantotênico tem significado no grego “em toda a parte”, já direcionando que essa vitamina se encontra em toda a natureza. O ácido pantotênico, também conhecido como Vitamina B5, é composto por β -alanina e ácido pantoico, unidos por uma ligação de peptídeo/amido.

FIGURA 5 – ESTRUTURA QUÍMICA DO ÁCIDO PANTOTÊNICO



FONTE: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v43n2/10.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2019.

De acordo com o nome, sabe-se que essa vitamina é presente em todas as plantas e animais, já adiantando que sua deficiência é muito pouco provável, estando presente em maior quantidade em carnes (especialmente fígado), gema do ovo, legumes, cereais integrais, batatas, cogumelos, brócolis, abacate e a geleia real de abelha, que também fornece grandes quantidades de pantotenato, forma do ácido pantotênico nos alimentos. Nos suplementos nutricionais, o pantotenato é encontrado normalmente como pantotenato de cálcio ou pantenol, uma forma de álcool da vitamina (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.5.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento

Assim como as vitaminas discutidas até agora, o ácido pantotênico está presente nos alimentos em suas formas livres e ligadas, sendo que cerca de 85% dessa vitamina nos alimentos ocorre ligada como componente da coenzima A, abreviada em CoA, que, no processo de digestão, é hidrolisada no lúmen pelas fosfatases e pirofosfatases.

O ácido pantotênico é principalmente absorvido em jejum. Quando em concentrações mais altas utiliza de difusão passiva e quando em concentrações mais baixas, se faz necessário um transportador multivitamínico ativo sódio-dependente. Transportador esse que é compartilhado com a biotina (outra Vitamina B) e com o ácido lipoico.

Quanto à digestibilidade dessa vitamina, aproximadamente 50% é absorvido em estado fisiológico normal, a partir da absorção, já na célula intestinal, entra no portal sanguíneo para transportar as células do corpo se alojando principalmente dentro das células vermelhas. Vale destacar que a assimilação do ácido pantotênico pelos tecidos é variável, já que nas células do coração, músculos, cérebro e fígado ocorre pelo transporte ativo sódio-dependente, enquanto em outros tecidos ocorre por difusão facilitada, sendo que a maior parte do ácido pantotênico é utilizada para sintetizar e ressintetizar a CoA (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011). O ácido pantotênico é excretado intacto, principalmente na urina, com apenas pequenas quantidades excretadas nas fezes, variando de 2 a 7 mg/dia.

2.1.5.2 Funções

Quanto às funções do ácido pantotênico, como parte da CoA e da 4-fosfopantoteína, participa extensivamente no metabolismo dos nutrientes, como nas reações que resultam na produção de energia e reações para a produção de muitos componentes vitais. Ainda, algumas reações específicas e processos envolvendo CoA e 4-fosfopantoteína são apresentadas a seguir.

O metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas (nutrientes produtores de energia) depende de diversos graus na CoA, dessa forma, o ácido pantotênico se une às vitaminas do complexo B, tiamina, riboflavina e niacina na descarboxilação oxidativa do piruvato, além de participarem da descarboxilação oxidativa do α -cetogluturato ao succinil CoA, um ciclo TCA intermediário utilizado com o aminoácido glicina para sintetizar a heme.

Já no metabolismo lipídico, a CoA é indispensável na síntese de colesterol, sais biliares, corpos ctônicos, ácidos graxos e hormônios esteroides. Não obstante, o ácido pantotênico e a 4-fosfopantoteína também funcionam como o grupo prostético para a proteína transportadora de acila (ACP), atuando como transportador de acila na síntese dos ácidos graxos, representando um componente no complexo ácido graxo sintase. Fazem parte da acetilação (doação da longa cadeia de ácidos graxos ou acetato) de algumas proteínas, açúcares e algumas drogas. A acetilação de proteínas pela CoA ocorre pós-translacionalmente e interfere nas funções da proteína, como, por exemplo, a acetilação de algumas proteínas podem prolongar a meia-vida e, desse modo, atrasar a degradação da proteína (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.5.3 Dose diária recomendada

Para o ácido pantotênico ainda não temos estabelecida uma RDA, tendo dessa forma uma AI, que para adultos maiores de 19 anos foi definida em 5 mg/dia. Recomendam-se AIs para ácido pantotênico de 6 mg/dia e 7 mg/dia para mulheres durante a gravidez e lactação, respectivamente. Como não se tem uma RDA, conseqüentemente não temos a UL para essa vitamina.

2.1.5.4 Deficiência e toxicidade

Segundo a literatura, devido à ampla presença de ácido pantotênico nos alimentos, sua deficiência se torna rara, todavia, quando acontece, tem relação com a síntese de lipídios e metabolismo energético. Um quadro bem descrito da deficiência de ácido pantotênico é a síndrome dos pés queimando, caracterizada por dormência nos dedos e sensação de queimação nos pés, além do aquecimento do local, podendo ser corrigida com a administração de pantotenato de cálcio.

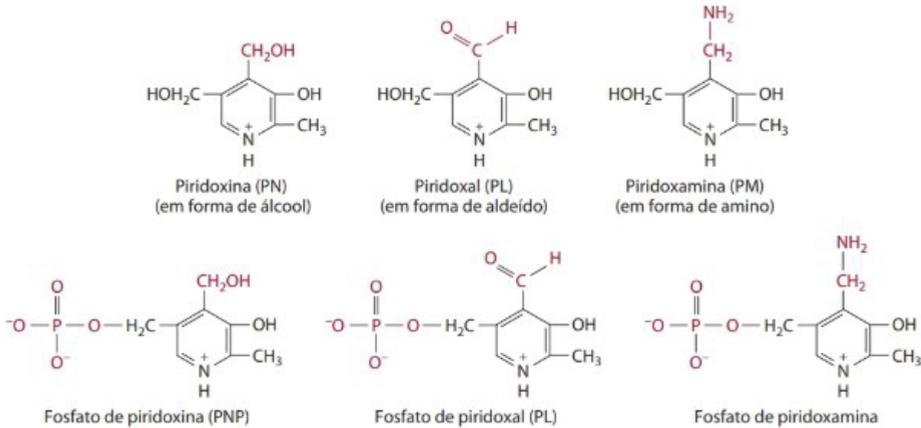
Outros possíveis sintomas de deficiência são: vômitos, fadiga, fraqueza, inquietação e irritabilidade. Acredita-se que a deficiência de ácido pantotênico ocorra mais frequentemente associada às múltiplas deficiências nutricionais.

Vale destacar que algumas condições podem aumentar a necessidade dessa vitamina como o alcoolismo, diabetes e doenças inflamatórias intestinais (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011). Quanto à toxicidade, até o momento não foi relatado, sendo que ingestões de cerca de 15 a 20 g estão associadas com desconforto intestinal e diarreia.

2.1.6 Vitamina B₆

A vitamina B₆ é uma molécula que possui diferentes fórmulas estruturais que são comparativamente ativas e cada uma possui um grupo funcional, a piridoxina que representa a forma em álcool; a piridoxal, que é composta por um aldeído; e a piridoxamina, em forma de amino.

FIGURA 6 – ESTRUTURA QUÍMICA DAS DIFERENTES FORMAS DE VITAMINA B₆



FONTE: Gropper, Smith e Groof (2011, p. 363)

A Vitamina B₆ e seus vitâmeros são encontrados em uma variedade de alimentos. A piridoxina, que é o composto mais estável, é encontrada, em sua maioria, em alimentos vegetais (principalmente em grãos integrais, legumes, banana, castanhas, nozes e amendoim), por sua vez, o fosfato de piridoxal e o fosfato de piridoxamina são encontrados principalmente nos produtos animais, sendo as fontes mais ricas a carne bovina, o salmão e a carne de frango. A Vitamina B₆ em suplementos é geralmente denominada “cloridrato de piridoxina” (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011). Quando falamos em biodisponibilidade, é perdida em alguns processos, como no aquecimento, na esterilização, na moagem e ao serem enlatados.

2.1.6.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento

Para que o processo de absorção da vitamina B₆ aconteça, é necessário que ela seja desfosforilada, por meio da fosfatase alcalina, uma enzima dependente do zinco, ou outras fosfatases presentes na borda estriada intestinal, as quais hidrolisam o fosfato, produzindo a piridoxina (PN), piridoxal (PL) ou piridoxamina (PM), que são absorvidas no jejuno por difusão passiva. De maneira geral, a absorção da vitamina B₆ em uma dieta americana varia de 61% a 92%.

Destaca-se que o pequeno metabolismo dessa importante vitamina ocorre dentro das células intestinais, onde a maior parte de PN, PL e PM é liberada no portal sanguíneo e assimilada pelo fígado e então é convertida em PLP que é a forma principal encontrada na circulação sistêmica, e em sua maioria ligada a albumina.

Apesar de ser uma vitamina hidrossolúvel, o fígado tem a capacidade de armazenar cerca de 5% a 10% da vitamina, e os músculos cerca de 75% a 80%, sendo que a maior parte da Vitamina B6 está no músculo como PLP ligada à glicogênio fosforilase, impedindo sua difusão para fora da célula, assim quando ligada à proteína, não sofre a ação das fosfatases.

Ainda, quanto ao metabolismo da Vitamina B6 que ocorre no fígado são geralmente convertidos pela ação de uma oxidase dependente de FMN em PLP, demonstrando que o metabolismo da vitamina B6 depende de uma condição adequada de riboflavina (vitamina B3) (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.6.2 Funções

A função da Vitamina B6 é diretamente relacionada à capacidade de o grupo aldeído do PLP reagir com o grupo α -amino de aminoácidos e, conseqüentemente, estabilizar outras ligações do carbono, nesse contexto, a Vitamina B6, na sua forma de coenzima, está associada com um grande número de enzimas, sendo a maioria envolvida no metabolismo dos aminoácidos, de neurotransmissores, glicogênio, esfingolipídios, heme e esteroides, sendo crucial para uma série de transaminases, descarboxilases, racemases e isomerases de aminoácidos.

Ainda, a Vitamina B6 é destacada no processo de biossíntese dos neurotransmissores serotonina, epinefrina, norepinefrina, histamina e porfirina heme, assim como é necessária para conversão metabólica do triptofano em niacina, liberação de glicose a partir do glicogênio e modulação de receptores dos hormônios esteroides (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.6.3 Dose diária recomendada

As recomendações para Vitamina B6 incluem a AI para lactentes, RDA e UL definidas para as demais estratificações. A recomendação para homens adultos com idade entre 19 e 50 anos é de 1,3 mg/dia e, para homens com idade superior a 51 anos, 1,7 mg/dia. Já para mulheres adultas com idade entre 19 e 50 anos, de 1,3 mg/dia e, para mulheres com idade superior a 51 anos, é de 1,5 mg/dia. As recomendações durante a gravidez e a lactação para ingestão da Vitamina B6 aumentam para 1,9 mg e 2,0 mg, respectivamente. De maneira geral, as necessidades de Vitamina B6 aumentam com o aumento na ingestão de proteínas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.6.4 Deficiência e toxicidade

Por volta dos anos 1950, a deficiência da vitamina B6 foi prevalente devido ao intenso aquecimento do leite dos bebês, já que o processo de aquecimento resulta em uma reação entre o PLP e o grupo ϵ -amino da lisina nas proteínas do leite, formando a lisina piridoxil, que possui pouca atividade vitamínica, podendo causar nos bebês problemas neurológicos, como alterações no eletroencefalograma, ataques e convulsões.

Por sua vez, nos adultos, os sinais de deficiência de B6 são: sonolência, fadiga, queilose, glossite e estomatite. Ainda, uma anemia microcítica hipocrômica também pode ser consequência de deficiência de Vitamina B6, devido à síntese defeituosa da heme, assim como pode ocorrer alteração no metabolismo do cálcio e magnésio, prejudicando a síntese da niacina do triptofano e inibindo o metabolismo da homocisteína, um fator de risco para doenças cardiovasculares.

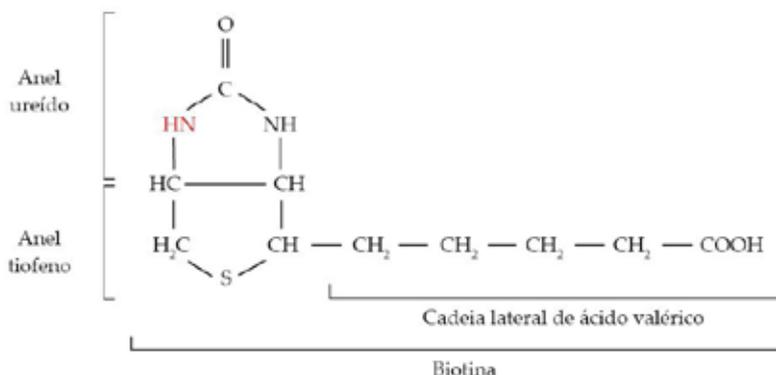
Nesse contexto, fazem parte dos grupos de risco para deficiência de B6: idosos que ingerem pequena quantidade da vitamina, pessoas que ingerem muito álcool (o álcool prejudica a conversão de PN e PM em PLP) e indivíduos que estão em tratamento com vários medicamentos (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

Quanto à toxicidade, considerando que a maior dose de ingestão tolerável é de 100 mg por dia para adultos, e que é hidrossolúvel, parece ser relativamente baixa, todavia, há relatos de que a piridoxina em excesso pode causar neuropatia sensorial e periférica, apresentando andar irregular, parestesia e reflexos defeituosos dos tendões, podendo causar também a degeneração dos gânglios das raízes dorsais na medula espinal, perda de mielinização e degeneração das fibras sensoriais nos nervos periféricos (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.7 Biotina

A biotina, já conhecida como Vitamina H e/ou B7, é composta de dois anéis, o anel ureído e um anel tiofeno, com uma cadeia lateral adicional de ácido valérico, sua descoberta foi baseada na busca pela cura de uma doença chamada “lesão da clara do ovo”, pois sabia-se que a ingestão de ovo cru causava perda de cabelo, dermatite e vários problemas neuromusculares, sendo que, em 1931, Szent-Györgyi descobriu a presença da biotina no fígado, substância capaz de curar e/ou prevenir tal doença.

FIGURA 7 – ESTRUTURA QUÍMICA DA BIOTINA



FONTE: Gropper, Smith e Groof (2011, p. 341)

Quanto às fontes alimentares, a biotina está presente em uma variedade de alimentos, todavia, de forma significativa é encontrada nos amendoins, amêndoas, proteína da soja, ovos, iogurte, leite e batata doce, sendo que não é comum encontrarmos o conteúdo dessa vitamina nas tabelas de composição química dos alimentos. Particularmente, nessa vitamina, podemos destacar que as bactérias intestinais também contribuem com quantidades apreciáveis. Nos alimentos, a biotina é instável ao calor (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.7.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento

A biotina é, em sua maioria, encontrada ligada à proteína nos alimentos, sendo necessário para digestão a presença de enzimas proteolíticas, derivando em biotina livre, biocitina ou peptídeo biotina. A biotinidase libera a biotina livre que é então absorvida no intestino delgado proximal, mediado por carreador. Quando em quantidades menores pode ser ainda absorvida no cólon, facilitando a utilização da também vitamina produzida pela flora intestinal.

A biotina é encontrada no plasma principalmente (cerca de 80%) em estado livre e não ligado, com menores quantidades ligadas à proteína. O fígado é o órgão de reserva dessa vitamina, em quantidades relevantes, mas que não são totalmente viabilizadas para utilização do corpo, quando em escassez. O metabolismo referente à biotina é pequeno, sendo que 95% da biotina consumida é excretada pela urina nas 24h posteriores ao consumo, metade no formato de biotina livre e a outra metade como bisnorbiotina (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.7.2 Funções

A biotina carrega carboxila covalentemente ligada às enzimas carboxilases, tais como piruvato carboxilase, acetil CoA carboxilase, propionil CoA carboxilase e 3-metilcrotonil-CoA carboxilase, enzimas que atuam no metabolismo energético,

formação de glicose e lipídios. Atua em conjunto com o ácido fólico, pantotênico, e Vitamina B12. De acordo com Dakshinamurti (2005), a biotina ainda tem efeito direto na transcrição de glicocinase e fosfoenogil piruvato carboxicinase, bem como de demais enzimas.

2.1.7.3 Ingestão dietética de referência

Apesar da biotina ser sintetizada no intestino, essa não é suficiente para manter a condição normal de biotina, necessitando, por isso, ser consumida pela alimentação. Foi sugerida uma AI para adultos a partir dos 19 anos de 30 em µg (microgramas) por dia. É recomendado a ingestão de 30 e 35 µg diária para mulheres durante a gravidez e a lactação, respectivamente (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011).

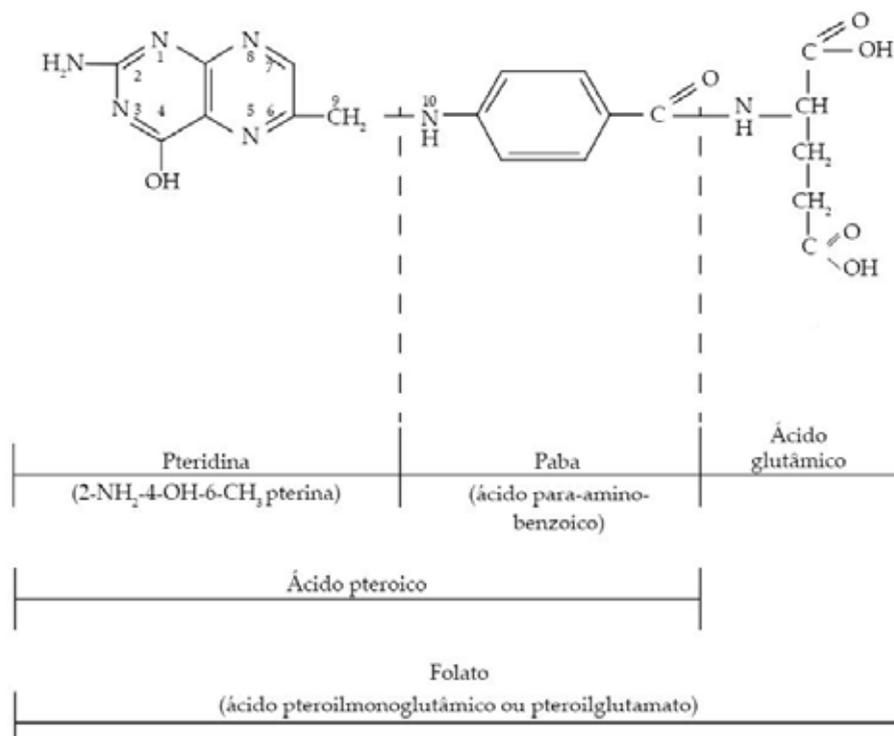
2.1.7.4 Deficiência e toxicidade

Embora seja rara, a deficiência de biotina no organismo ocorre em várias populações. É caracterizada por letargia, depressão, alucinações, dores musculares, parestesia nas extremidades, anorexia, náusea, alopecia (queda de cabelo) e eczema (dermatite escamosa). É importante comentarmos que, ao ingerir ovos crus em excesso, há a propensão de o indivíduo desenvolver deficiência de biotina por causa da absorção defeituosa da biotina, que pode ocorrer ainda por disfunções gastrintestinais e em pessoas em tratamento com medicamentos anticonvulsivantes e consumidores crônicos de álcool. Quanto à toxicidade, não foi relatada até o momento.

2.1.8 Folato

Essa vitamina, o folato, mais conhecida como ácido fólico e Vitamina B9, refere-se ao ácido pteroilmonoglutâmico e seus derivados. O ácido tetraidrofólico (FH4) funciona como um carreador para carbonos simples.

FIGURA 8 – FÓRMULA ESTRUTURA DO FOLATO



Legenda: O folato é composto de pteridina, que é conjugada por um grupo metileno ($-\text{CH}_2-$) ao PABA, formando o ácido pteróico. O grupo carboxil ($-\text{CO}-$) do PABA é o peptídeo ligado ao grupo aminoácido ($-\text{NH}-$) do ácido glutâmico para compor o folato.

FONTE: Gropper, Smith e Groof, (2011, p. 347)

Os folatos, normalmente na forma de folil poliglutamato reduzido, são encontrados em vários alimentos, tanto de fonte animal, quanto vegetal, como fígado, cogumelos e vegetais folhosos verde escuro, como o espinafre e brócolis. Além desses, são boas fontes: a carne bovina, batatas, pães integrais, laranja e feijões.



A análise dos alimentos referente à quantidade de ácido fólico é bem complexa, fazendo com que as quantidades presentes nas tabelas de composição química dos alimentos, muitas vezes subestime as reais quantidades desse nutriente nos alimentos. Isso acontece porque o folato existe em mais de 150 formas, sendo que as formas reduzidas nos alimentos são facilmente oxidadas, fazendo com que ocorram perdas de 50 a 90% durante os processos de armazenamento e cozimento, principalmente em altas temperaturas.

Conforme comentado, o folato possui diferentes formas químicas presentes nos alimentos, o que faz com que sua biodisponibilidade seja reduzida, considerando também a presença ou ausência de inibidores de conjugação e quelantes de folato, bem como o estado nutricional do indivíduo. Cabe destacar que a deficiência de ferro e Vitamina C pode prejudicar o estado nutricional do folato (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.8.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento

Apesar de apresentarem-se em diferentes formatos, são apenas absorvidos na forma de monoglutamato de ácido fólico, por isso, comumente chamamos a vitamina de ácido fólico. A absorção acontece por transporte ativo principalmente no jejuno. Todavia, quando consumida em quantidades maiores, pode ser absorvida por transporte passivo.

Quanto a sua digestibilidade, não acontece de forma eficaz, pois a maior parte do folato contido nos alimentos está na forma de poliglutamato, necessitando hidrólise por intermédio das conjugases, para então ser absorvido na forma de monoglutamato.

Assim que adentra a parede do enterócito, o folato é reduzido a FH₄, podendo ser transferido para a circulação. Como na maioria dos casos, o fígado é o principal depósito dessa vitamina. Os folatos teciduais são transformados pela clivagem dos seus componentes pteridina e para-aminobenzoil poliglutamato, que é posteriormente degradado em variedade de metabólitos hidrossolúveis de cadeias laterais excretados na urina e bile (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.8.2 Funções

O FH₄ age diretamente como cossustrato enzimático em muitas reações que envolvem os aminoácidos e nucleotídeos pela doação e recebimento de carbonos simples, o que gera mudança no processo de formação das moléculas.

Além disso, também é necessário na conversão de histidina em ácido glutâmico, bem como na síntese de metionina a partir da homocisteína, fornecendo grupos metil (5-meitl-FH₄), conversão essa que também requer a presença de Vitamina B12. Também, o folato atua na manutenção e formação de glóbulos vermelhos e brancos na medula óssea (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).



Como podemos verificar, as vitaminas B₉ e B₁₂ possuem inter-relação em algumas atividades, e, dessa forma, a deficiência de uma delas podem gerar deficiência da outra. Cabe destacar aqui a importância de ambas as vitaminas na síntese e reparo do DNA, pois exercem papéis essenciais na estabilidade da nossa informação genética (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.8.3 Ingestão dietética de referência

Conforme já verificamos em outras vitaminas, as recomendações de ingestão consideram a biodisponibilidade no momento de elaborar a estimativa da quantidade necessária. Dessa forma, o equivalente dietético de folato (DFE), para adultos, é de 400 µg por dia (19 a 30 anos). Ainda, estima-se que a necessidade diária de folato seja de 320 µg por dia, todavia, os centros de controle e prevenção de doenças sugerem 400 µg da vitamina sintética/dia, para mulheres em idade fértil, que pretendem engravidar, devido à evidência de que a suplementação de ácido fólico durante esse período reduz a incidência de defeitos do tubo neural no feto. Temos também a RDA de folato de 600 µg e 500 µg por dia indicada durante a gravidez e a lactação, devido à importância da vitamina no desenvolvimento do feto e do bebê, respectivamente (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.8.4 Deficiência e toxicidade

Um consumo reduzido de folato pode resultar em anemia macrocítica megaloblástica, caracterizada inicialmente pelo baixo folato plasmático, o que acontece normalmente após três a quatro meses de baixa ingestão, fazendo com que as concentrações de folato nos glóbulos vermelhos diminuam significativamente, se a baixa ingestão continua após quatro ou cinco meses, a manifestação acontece nas células da medula óssea e demais células de divisão rápida, as quais se tornam megaloblásticas. Nesse contexto, pessoas com deficiência de folato podem apresentar fadiga, fraqueza, dores de cabeça, irritabilidade, dificuldade de concentração, falta de ar, palpitações, entre outros sintomas (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).



Acadêmico, em breve, discutiremos de forma mais detalhada sobre os tipos de anemia. Iniciando, a anemia megaloblástica, que significa a liberação na circulação dos glóbulos vermelhos em quantidade menores que a normal, relacionada à deficiência de folato e B_{12} , é comum nos Estados Unidos, resultado da síntese anormal do DNA e insuficiência dos glóbulos para dividir adequadamente, juntamente com a formação contínua de RNA, que leva ao excesso de produção de outros constituintes, como a hemoglobina, derivando em células macrocíticas aumentadas que, em geral, contêm hemoglobina em excesso. Com o tempo, a divisão celular reduz, gerando glóbulos vermelhos grandes, malformados e, às vezes, nucleados (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

Como essa vitamina é hidrossolúvel e facilmente encontrada nos alimentos, não é comum sua ocorrência. Algumas situações são associadas a uma maior probabilidade de desenvolver tal deficiência, como é o caso de pessoas com consumo excessivo de álcool, problemas de má absorção, como as doenças inflamatórias do intestino e/ou indivíduos em tratamento com determinados medicamentos.

Quanto à toxicidade, a maior parte da literatura afirma não haver relatos, pois em doses moderadas qualquer efeito é inexistente. Todavia, há estudos que indicam que ingestões de folato de até 15 mg/dia podem causar insônia, mal-estar, irritabilidade e desconforto gastrointestinal.

Além disso, a suplementação de ácido fólico pode mascarar a deficiência de Vitamina B_{12} . Já, por isso, a UL de 1.000 μg (1 mg) para ácido sintético em suplementos ou de outros alimentos enriquecidos foi sugerido com base na capacidade de o ácido fólico mascarar as manifestações neurológicas da deficiência de vitamina B_{12} (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.9 Vitamina B_{12}

A Vitamina B_{12} refere-se à família dos compostos de cobalamina, considerada um genérico do grupo de componentes chamados corrinoídes por causa de seus núcleos corrinas, que possuem em seu centro um átomo de cobalto (Co), ao qual está ligado em ângulos quase retos, o nucleotídeo 5,6-dimetilbenzimidazol. Todavia, não é apenas essa a estrutura que pode ser formada com o átomo de cobalto, segue tabela exemplificando demais estruturas.

TABELA 1 – REPRESENTAÇÃO DOS COMPOSTOS RESULTANTES DA LIGAÇÃO COM O COBALTO

Grupo anexado	Composto resultante
—CN	Cianocobalamina
—OH	Hidroxocobalamina
—H ₂ O	Aquocobalamina
—NO ₂	Nitritocobalamina
5'-deoxiadenosil	5'-deoxiadenosilcobalamina
—CH ₃	Metilcobalamina

FONTE: Gropper, Smith e Groof, (2011, p. 357)

Das cobalaminas citadas, apenas duas, a 5'-deoxiadenosilcobalamina e a metilcobalamina, têm a capacidade de ficar ativas na forma de coenzimas, todavia, cabe destacar que o corpo humano possui a capacidade bioquímica para converter a maioria das outras cobalaminas em formas ativas da coenzima da vitamina.

Apesar de toda importância hoje conhecida da vitamina B12, ela foi a última vitamina a ser descoberta, sendo isolada apenas em 1948 por Smith na Inglaterra, Rickes e outros, nos Estados Unidos. Essa vitamina é uma das únicas sintetizadas pelas bactérias na microflora intestinal. Porém, as pesquisas ressaltam que não é absorvida. As fontes alimentares de maior destaque são: o fígado, rim, leites, ovos, peixes, queijo e carnes, ou seja, alimentos de origem animal, pois os vegetais só a possuem devido à contaminação bacteriana.

Dessa forma, quanto à biodisponibilidade dessa vitamina, podemos destacar que, por estar ligada à proteína, não é tão instável como demais vitaminas hidrossolúveis, tendo pelo menos 70% da sua atividade conservada quando aquecida, contudo, pode ser perdida quando há a pasteurização ou evaporação do leite (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.9.1 Digestão, absorção, transporte e armazenamento

Para que ocorra o aproveitamento das cobalaminas, elas precisam ser liberadas das proteínas que estão ligadas, processo esse conhecido como hidrólise e, que nesse caso, ocorre através de ação da enzima proteolítica gástrica pepsina e do ácido clorídrico no estômago. Após a Vitamina B12 livre, se liga a uma proteína R, ligante de cobalamina, presente na saliva e no suco gástrico, conhecida coletivamente como cobalofilinas ou hap-tocorrinas (HCs), devido à afinidade com as cobalaminas.

Na maioria das vezes, a proteína R é ligada à Vitamina B12 durante o esvaziamento do estômago para o duodeno. Já no duodeno, é hidrolisada pelas proteases pancreáticas e a cobalamina livre é liberada e se liga ao fator intrínseco

(FI), uma glicoproteína sintetizada pelas células parietais gástricas, que é resistente a ação catabólica das proteases, facilitando o transporte e absorção da vitamina.

A sequência da absorção se dá por meio do complexo cobalamina-FI que viaja do duodeno ao íleo, onde estão presentes os receptores (chamados cubilinas) da Vitamina B12 que permitem a absorção. Já no interior do enterócito, a B12 é liberada do complexo IF. Durante o transporte ou antes dele, a Vitamina B12 se liga à transcobalamina II para transporte no portal sanguíneo.

A digestibilidade da Vitamina B12 é bem variável, girando em torno de 11% a 65%, com eficácia de absorção reduzida a medida que aumenta a ingestão e, ao contrário das outras vitaminas hidrossolúveis, pode ser armazenada e retida no corpo por muito tempo, até mesmo anos, principalmente (~50%) no fígado (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.9.2 Funções

Conforme já mencionado, as duas formas ativas da Vitamina B12 são a 5'-deoxiadenosilco-balamina e a metilcobalamina, as quais desempenham papéis importantes no metabolismo de propionato, aminoácidos e carbono simples, reações de suma importância para a homeostase de todo funcionamento das células, principalmente as do trato GI, medula óssea e tecido nervoso.

2.1.9.3 Ingestão dietética de referência

A quantidade necessária de Vitamina B12 é expressa em microgramas, incluindo AI para lactentes e RDAs para as demais estratificações. Os valores das RDAs foram estipulados para fornecer estoques corporais, devido à prevalência de acloridria e gastrite atrófica na população, situações essas que reduzem a produção de IF, e, conseqüentemente, reduz a absorção da Vitamina B12.

2.1.9.4 Deficiência e toxicidade

A redução no consumo da Vitamina B12 incide diretamente sobre a divisão celular, especialmente nas células de divisão rápida, como a medula óssea e mucosa intestinal, através da síntese interrompida de DNA. Essa interferência resulta em células anormalmente grandes, anemia megaloblástica. Além disso, a deficiência progride para anormalidades neurológicas, como a neuropatia progressiva que apresenta como sintomas entorpecimento, formigamento e queimação dos pés e rigidez das pernas.

Destaca-se que a deficiência dessa vitamina, muitas vezes, ocorre não devido ao consumo insuficiente, mas devido à absorção prejudicada por alterações no TGI, em que há a má absorção da vitamina decorrente da produção e secreção inadequada de FI. Essa condição recebe o nome de anemia perniciosa, resultante no envelhecimento associado à atrofia das células parietais gástricas, deficiências genéticas e/ou incapacitação autoimune. Quanto à toxicidade, de acordo com Mahan e Escott-Stump (2011), não há relatos na literatura.

DEFICIÊNCIA DE VITAMINA B12: UM FATOR QUE INDUZ À DEPRESSÃO?

Ellen da Costa Santos
Adriana Brito
Isabela Rosier Olimpo Pereira

Resumo: Muitos estudos correlacionam deficiência de Vitamina B12 e depressão. A Vitamina B12 é essencial para a formação de hemácias e para a manutenção e desenvolvimento adequado do sistema nervoso. Sua deficiência gera um quadro de hiperhomocisteinemia e diminuição de S-adenosilmetionina, que é fator de risco para depressão. Este trabalho teve o objetivo de verificar a relação entre a depressão e a deficiência de Vitamina B12 como efeito causal. A pesquisa está fundamentada em 25 artigos e estudos obtidos pelos bancos de dados SciELO PubMed e Google Acadêmico, publicados no período compreendido entre 1979 e 2015. De 25 resultados obtidos, 15 associaram a deficiência de B12 à depressão e 10 não encontraram relação. Alguns estudos mostraram que baixos níveis de Vitamina B12 estão presentes na maior parte de indivíduos depressivos, que a reposição de Vitamina B12 leva a uma resposta melhor ao tratamento antidepressivo, que indivíduos sem sintomas depressivos quando tratados com Vitamina B12 têm menor risco de depressão. Outros não relacionam a falta de Vitamina B12 à depressão, mas sim, a depressão levando à perda de apetite e, por decorrência redução da vitamina. A divergência entre os resultados evidencia a necessidade de mais pesquisas nessa área e amplia este campo de pesquisa.

Palavras-chave: depressão, deficiência de Vitamina B12, homocisteína, S-adenosilmetionina.

FONTE: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/cpgdd/article/view/11295>>. Acesso em: 13 dez. 2019.

RESUMO DO TÓPICO 1

Neste tópico, você aprendeu que:

- As vitaminas hidrossolúveis são: ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, Vitamina B6, folato e Vitamina B12.
- As vitaminas hidrossolúveis, em sua maioria, têm baixa toxicidade e não possuem local de reserva significativa no corpo, apenas a Vitamina B12.
- As vitaminas hidrossolúveis possuem biodisponibilidade variável, dependendo da presença de água, calor, luz e radiação durante o preparo dos alimentos.
- A deficiência em sua maioria resulta em alterações na pele, sistema nervoso central e produção de células vermelhas.
- As principais fontes alimentares são as carnes e derivados, assim como vegetais verdes escuros e grãos integrais.
- A importância de um trato gastrointestinal saudável para melhorar o aproveitamento dos nutrientes.

AUTOATIVIDADE



- 1 As vitaminas estão envolvidas em uma série de reações bioquímicas e são essenciais para o correto funcionamento orgânico. Sobre as vitaminas, assinale a alternativa INCORRETA.
- a) () A Vitamina C além de possuir capacidade antioxidante, também auxilia na síntese de colágeno.
 - b) () A Vitamina B2, ou tiamina, quando deficiente, pode levar a alterações neurológicas e a doença conhecida como “os 3 D”, pelagra, diarreia, dermatite e demência.
 - c) () A Vitamina B1, também conhecida como tiamina foi a primeira vitamina descoberta, dando origem ao nome “vita-amina”.
 - d) () O excesso de ácido fólico pode mascarar a deficiência da Vitamina B12.
 - e) () As vitaminas do complexo B estão comumente deficientes em indivíduos alcoolistas, devido ao prejuízo no metabolismo dessas vitaminas.
- 2 A elevação dos níveis séricos de homocisteína é um fator de risco significativo para o desenvolvimento da aterosclerose. Concentrações elevadas desse aminoácido estão relacionadas à deficiência de quais vitaminas:
- a) () B1, B6, C.
 - b) () C, B2, B12.
 - c) () B1, B2, folato.
 - d) () Folato, B6, B12.
 - e) () C, A, folato.
- 3 Relacione as vitaminas com seus alimentos fonte:
- | | |
|----------------------|--|
| a) Tiamina | () folhosos verdes escuros, carnes e laticínios. |
| b) Riboflavina | () cogumelos, abacate, brócolis. |
| c) Vitamina C | () carnes e grãos integrais. |
| d) Ácido pantotênico | () alimentos de origem animal, fígado, ovos
leite, queijo. |
| e) Vitamina B6 | () acerola, laranja, mamão, kiwi. |
| f) Vitamina B12 | () levedo e o fígado. |



VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

1 INTRODUÇÃO

Acadêmico, o que está achando de toda essa funcionalidade que envolve o mundo das vitaminas? Até agora vimos as principais informações de cada uma das vitaminas hidrossolúveis, partindo, neste tópico, para as particularidades das vitaminas lipossolúveis.

Relembrando então, as vitaminas lipossolúveis são as vitaminas que são solúveis em solventes orgânicos e não em água, fazendo com que o processo de digestão e transporte no organismo seja diferente e até um pouco mais complicado. Considerando a importância da presença de lipídios ao consumi-las.

Aqui já podemos destacar que dietas com baixo consumo de lipídios podem prejudicar o aproveitamento das vitaminas lipossolúveis, fazendo com que ocorra a deficiência na presença dessas no organismo apesar de o indivíduo a estar consumindo. Ainda, é importante ressaltarmos que essas vitaminas possuem uma boa capacidade de reserva no corpo humano, apresentando maiores possibilidades de toxicidade quando consumidas em excesso.

2 VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS

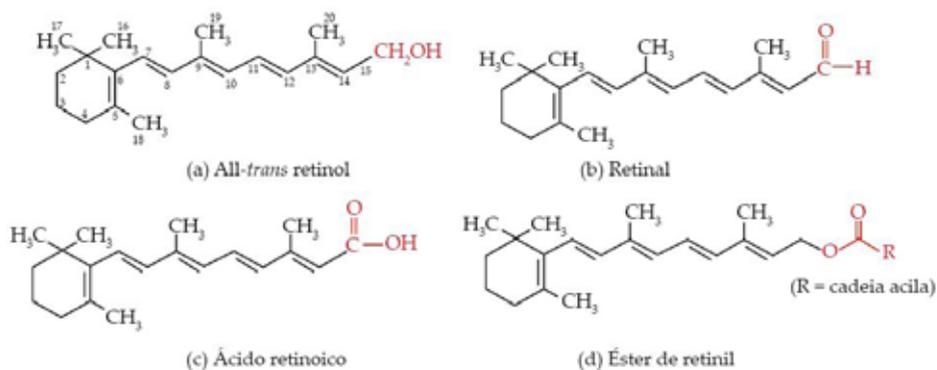
Quais são as vitaminas lipossolúveis? As vitaminas A, D, E e K.

2.1 VITAMINA A

A Vitamina A, que faz parte do grupo dos retinoides, faz referência a três compostos que possuem atividade metabólica, são eles: o retinol, que tem como grupo funcional um álcool, o retinal ou retinaldeído, que possui o grupo funcional aldeído e o ácido retinóico, do grupo dos ácidos. Normalmente, o retinol armazenado é esterificado em ácido graxo, sendo denominado retinil palmitato, um éster de retinil, que forma complexos com as proteínas nos alimentos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Além disso, tem-se, na natureza, os carotenoides pró-vitâmicos A, ou seja, componentes que dão origem a Vitamina A ativa. Todavia, embora existam mais de 600 carotenoides (pigmentos lipossolúveis vermelhos, laranja e amarelos produzidos pelas plantas), sugere-se que apenas 10% apresentem atividade de Vitamina A, dentre esses estão a cantaxantina, a luteína e a xavantina, todas com importância fisiológica.

FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO DOS COMPOSTOS QUE REPRESENTAM A VITAMINA A



FONTE: Gropper, Smith e Groof (2011, p. 375)

Seguindo nesses conceitos, a Vitamina A pré-formada é presente em alimentos de fonte animal, tendo boa disponibilidade desde no fígado, na gordura do leite e nos ovos. Por sua vez, os carotenoides pró-vitamina A são encontrados em vegetais folhosos verde-escuros e em vegetais e frutas amarelo-laranjados, como, por exemplo: a cenoura, espinafre, suco de laranja, batata-doce. Se pensarmos na biodisponibilidade nos alimentos de origem vegetal pode ser prejudicada, pois os carotenoides ficam ligados nas proteínas, todavia, se esses alimentos forem aquecidos, a ligação se rompe e o carotenoide é liberado (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.1 Absorção, transporte e armazenamento

De maneira geral, antes da absorção, é necessário que ocorra a ação das proteases no estômago e no intestino, hidrolisando as proteínas, normalmente agrupadas às estruturas de vitamina A e pré-vitamina A. Também, os ésteres de retinol derivados desse processo devem ser hidrolisados no intestino pelas lipases em retinol e ácidos graxos livres, sendo incorporados nas micelas para a absorção juntamente com demais lipídios pelas células intestinais.

Já na célula, o retinol se liga a uma proteína (CRBP) e é reesterificado em ésteres de retinil, podendo ser, dessa vez, incorporado nos quilomícrons juntamente com os carotenoides, chegando então à corrente sanguínea, após passar pela linfa.

Como na maioria das situações, o fígado desempenha um importante papel no transporte e armazenamento da Vitamina A. o retinol retido no fígado pode seguir três rotas metabólicas. São elas:

- Pode ser ligado à CRBP, que controla as concentrações livres de retinol para não causar toxicidade.
- Pode ser reesterificado para formar os ésteres de retinil para armazenamento (50 a 80% da vitamina A é armazenada no fígado).
- Pode ser ligado à proteína fixadora de retinol (RBP), o qual deixa o fígado e acessa ao sangue, ligando-se a outra proteína, a transtirretina (TTR), formando um complexo que é utilizado para o transporte de retinol no sangue para os tecidos periféricos.



"A síntese hepática de RBP depende da ingestão adequada de proteína. Portanto, as concentrações sanguíneas de retinol podem ser afetadas pela deficiência de proteína, assim como pela deficiência crônica de vitamina A" (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 70).

Ainda, quanto ao metabolismo da Vitamina A, além do armazenamento e da execução das suas funções a forma transportadora também pode ser oxidada em retinal e ácido retinoico, e, em seguida, em formas facilmente excretadas na bile e nas fezes (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.1.2 Funções

A Vitamina A é uma vitamina responsável por funções de essencial importância, são elas: a visão (função estrutural), diferenciação celular e crescimento (muito importante na primeira infância) e ações do sistema imunológico.



O mecanismo exato pelo qual a Vitamina A afeta o crescimento não está claro. Parece que o ácido retinoico aumenta o número de receptores específicos para os fatores de crescimento. Com relação ao sistema imunológico, estudos de depleção sugerem que a vitamina A parece ser necessária para a função do linfócito T e para resposta de anticorpos em infecções virais/parasitárias/bacterianas, fazendo com que pessoas com falta de vitamina A tenham pouca capacidade para resistir a infecções e combatê-las (GROPPER; SMITH; GROOF; 2011).

Além das funções citadas, que são as mais comuns, o retinol é ainda essencial nos processos reprodutivos tanto masculinos como femininos, embora os mecanismos de suas ações não sejam claros. Assim como para o desenvolvimento ósseo e sua manutenção que requerem Vitamina A. Ainda, conforme Gropper, Smith e Groof (2011), embora com mecanismo desconhecido, parece que a Vitamina A está envolvida na hematopoiese e na distribuição de ferro entre os tecidos.

2.1.3 Ingestão dietética de referência

As recomendações para ingestão de Vitamina A são expressas como equivalentes da atividade do retinol (RAE). As unidades de medida mais antigas incluem unidades internacionais (UI) e equivalentes de retinol (RE). As equivalências RAE de retinol, β -caroteno e outros carotenoides pró-vitamina A são as seguintes: 1 RAE = 1 μg de retinol = 12 μg de β -caroteno = 24 μg de α -caroteno ou β -criptoxantina (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011, p. 389).

A RDA para Vitamina A, baseada na necessidade mais duas vezes o coeficiente de variação (20%) com o valor arredondado para 100 μg para homens e mulheres adultos, é de 900 e 700 μg de RAE, respectivamente. Já durante a gravidez e lactação, a recomendação é mais alta, de 770 a 1.300 μg RAE, respectivamente, sendo estabelecida UL para adultos de 3.000 μg de Vitamina A pré-formada.

Com essas unidades internacionais, é importante destacar os fatores de conversão: uma UI de Vitamina A é igual a 0,3 μg de retinol, 3,6 μg de β -caroteno e 7,2 μg de outros carotenoides de pró-Vitamina A (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.1.4 Deficiência e toxicidade

Nos países em desenvolvimento, a ingestão inadequada é bastante comum em crianças com menos de cinco anos de idade. Os sinais e sintomas mais comuns da deficiência de Vitamina A são: xeroftalmia (ressecamento do olho), anorexia, crescimento retardado, suscetibilidade aumentada para infecções (devido a uma inatividade no sistema imunológico), obstrução e dilatação de folículos capilares e queratinização das células epiteliais (muco) da pele, juntamente com falha na diferenciação normal.

Tem-se, ainda, a cegueira noturna, que normalmente é um dos primeiros sintomas de deficiência de Vitamina A, e é resultante da produção deficiente de rodopsina (substância proveniente da estrutura da Vitamina A) nos bastonetes da retina.

Quanto às populações mais associadas a uma necessidade maior de Vitamina A e conseqüentemente com possibilidades de apresentar deficiência, são as pessoas com distúrbios de má absorção, como esteatorreia (excesso de gordura nas fezes) ou doenças do pâncreas, do fígado ou da vesícula biliar.

Quanto à toxicidade de ingestão aguda, grande quantidade em curto período de tempo, os sintomas são náusea, vômitos, visão dupla, dor de cabeça, tontura e descamação da pele em geral. Já com relação à ingestão crônica (diariamente durante meses ou anos) de pequenas doses além das recomendadas também pode conduzir à hipervitaminose A, que se manifesta através de várias doenças, como anorexia, pele seca, escamação e coceira da pele, alopecia (queda de cabelo), engrossamento do cabelo, ataxia, dor de cabeça, dores musculares e nos ossos, aumento de fratura óssea, conjuntivite e dor ocular, além de danos ao fígado, manifestações essas que parecem ceder gradualmente, uma vez que a ingestão excessiva da vitamina é descontinuada (GROPPER; SMITH; GROOF; 2011).

2.2 VITAMINA D

Também conhecida como a vitamina da luz solar, a Vitamina D normalmente é adquirida de maneira suficiente, mediante exposição à luz solar e posterior produção da Vitamina D ativa, através do colesterol da pele. Há muito se discute que, a Vitamina D, devido as suas funções, as quais veremos a seguir, tem mais característica de hormônio esteroide do que de Vitamina D.

A Vitamina D pode ser sintetizada a partir de dois esteróis de lipídios o 7-de-hidrocolesterol, presente nos animais e o ergosterol, proveniente dos vegetais, os quais, quando expostos à irradiação ultravioleta, sofrem a abertura do anel fotolítico, produzindo o colecalciferol ou Vitamina D3, quando originado do 7-de-hidrocolesterol, e o ergocalciferol ou Vitamina D2 quando originado do ergosterol. As quais ainda precisam de um processo metabólico para derivar a forma ativa – 1,25-di-hidroxivitamina D (calcitriol) (GROPPER; SMITH; GROOF; 2011).

Apesar de termos mencionado que a Vitamina D é a vitamina da luz solar, ela também está presente nos alimentos, de forma natural nos alimentos de origem animal, sendo as fontes mais ricas os óleos de fígado de peixe.

TABELA 2 – PRINCIPAIS FONTES DE VITAMINA D

Alimento	Conteúdo aproximado de vitamina D (µg/100 g)
<i>Enriquecido</i>	
Leite	0,8 — 1,3
Margarina	8,0 — 10,0
<i>Não enriquecido</i>	
Mateiga	0,3 — 2,0
Leite	< 1,0
Queijo	< 1,0
Fígado	0,5 — 4,0
Peixe*	5,0 — 40,0

*Peixes gordurosos como arenque, salmão, sardinha e atum.

FONTE: Gropper, Smith e Groof, (2011, p. 393)

2.2.1 Absorção, transporte e armazenamento

Para ser absorvida, assim como as demais vitaminas lipossolúveis, é necessário a presença dos lipídios, sendo que é incorporada nas micelas e absorvidas com os lipídios no intestino por difusão passiva e, por consequente, é incorporada nos quilomícrons, “caindo” na linfa e subsequente no plasma, onde é liberada para o fígado pelos remanescentes de quilomícrons ou para as proteínas carreadoras específicas. Após esse processo, na maioria dos casos, 50% é absorvido. Uma pequena parte de Vitamina D é armazenada no fígado.

Importante lembrarmos que a Vitamina D deve ser ativada por duas hidroxilações. A primeira acontece no fígado e produz a 25-hidroxivitamina D3 (25-hidroxicolecalciferol). A segunda é realizada pela enzima α -1-hidroxilase no rim e produz 1,25-dihidroxivitamina D3 (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).



A atividade da α -1-hidroxilase é aumentada pelo hormônio da paratireoide (PTH) na presença de baixas concentrações plasmáticas de cálcio, resultando na produção aumentada de 1,25 (OH)2D3 (calcitriol). A atividade da enzima diminui quando as concentrações de calcitriol são crescentes (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 75).

2.2.2 Funções

A Vitamina D atua em muitos processos de suma importância ao organismo, e, ainda, acredita-se que tenham mais atividades vinculadas a ela. Dessa forma, funciona primeiramente como um hormônio esteroide, executando principalmente a interação com receptores de membrana celular e as proteínas do receptor de Vitamina D (VDR) afetando a transcrição gênica em vários tecidos. Sabe-se que mais de 50 genes são regulados por essa vitamina, com destaque aos genes para a proteína ligadora de cálcio calbindina, regulando a absorção desse mineral, assim como do fósforo, dois minerais de suma importância para a estruturação dos ossos. Entre outros mecanismos de ação para regular a absorção de cálcio e fósforo, o calcitriol ainda atua a nível renal, aumentando a reabsorção tubular desses minerais.

Vale destacar que o controle feito pela Vitamina D atua tanto para aumentar a absorção como para reduzir, já que a calcitonina, secretada pela tireoide, opõe-se à atividade do calcitriol e PTH, diminuindo a mobilização óssea e aumentando a excreção renal de cálcio e fósforo. Ainda, conforme mencionado anteriormente, a Vitamina D atua em mecanismos ainda não bem compreendidos na diferenciação, proliferação e crescimento celular em diferentes tecidos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.2.3 Ingestões dietéticas de referências

A unidade de medida para quantificação da vitamina D é a micrograma (mcg), todavia, ainda encontramos em alguns rótulos as UI (unidades internacionais), que representam 0,025 mcg. Dessa forma, 1 mcg de Vitamina D é equivalente a 40 UI. As DRI's para Vitamina D são representadas pela AI, sendo que a quantidade de consumo diária necessária é alterada conforme a idade (aproximadamente 10 mcg na idade adulta), aumentando para os idosos, crianças e lactentes. Cabe destacar que as pesquisas vêm relatando que grande maioria da população, inclusive a que reside em territórios tropicais, possui deficiência de Vitamina D, necessitando de suplementação (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

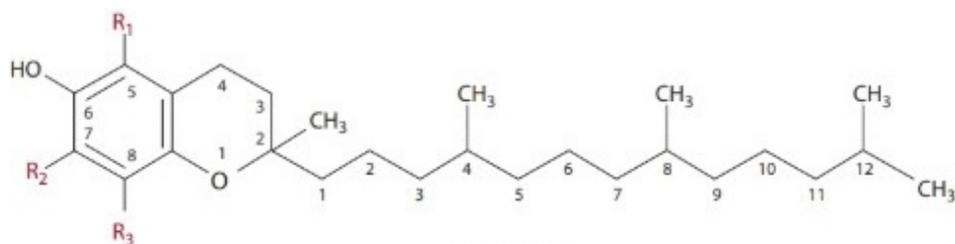
2.2.4 Deficiência e toxicidade

A deficiência de Vitamina D documentada é relacionada principalmente às alterações na mineralização óssea, manifestando-se como raquitismo (anormalidades estruturais dos ossos que suportam o peso); osteomalácia (redução generalizada na densidade óssea) e osteoporose (massa óssea diminuída). Tem-se relato de que a deficiência de Vitamina D possa favorecer o surgimento de diabetes, inflamação, obesidade e câncer. Quanto à toxicidade, pode causar aumento das concentrações séricas de cálcio e fósforo, além da calcificação dos tecidos moles, como os rins, pulmões e coração. Normalmente, os pacientes relatam terem dor de cabeça e náusea (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.3 VITAMINA E

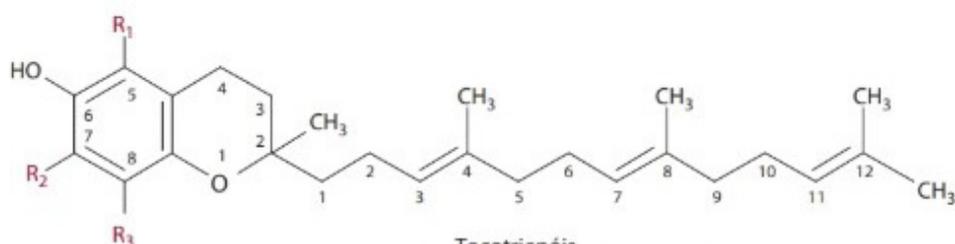
A Vitamina E é extremamente ligada à proteção do organismo contra os efeitos deletérios das espécies reativas de oxigênio e envolve duas classes de substâncias biologicamente ativas, são elas: os tocoferóis e os tocotrienóis. Da família mais ativa, os tocoferóis, o mais importante é o α -tocoferol na forma natural D-isômero.

FIGURA 10 – ESTRUTURAS DAS VÁRIAS FORMAS DE VITAMINA E



Tocoferóis

	R ₁	R ₂	R ₃
α-tocoferol	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β-tocoferol	CH ₃	H	CH ₃
γ-tocoferol	H	CH ₃	CH ₃
δ-tocoferol	H	H	CH ₃



Tocotrienóis

	R ₁	R ₂	R ₃
α-tocotrienol	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β-tocotrienol	CH ₃	H	CH ₃
γ-tocotrienol	H	CH ₃	CH ₃
δ-tocotrienol	H	H	CH ₃

FONTE: Gropper, Smith e Groof, (2011, p. 406)

Quanto às fontes de Vitamina E, pode ser encontrada tanto em alimentos de origem vegetal quanto animal. No caso dos alimentos vegetais, é encontrado especialmente em óleos de plantas como por exemplo: azeite, girassol, cártamo, algodão, soja e milho. Além disso, também estão presentes nos alimentos (especialmente as variedades com gordura total) produzidos com óleo vegetal, como molhos para saladas, maionese e margarina, além de alimentos feitos com nozes como manteiga de amendoim.



Se considerarmos as dietas atuais com baixa ingestão de lipídio percebe-se a limitação de alimentos que contêm Vitamina E e, com isso, podem comprometer sua capacidade para atender às recomendações de ingestão diária dessa vitamina.

Outras fontes vegetais da Vitamina E são cereais integrais, leguminosas e algumas frutas e verduras. O óleo de germe de trigo e o farelo de trigo representam fontes importantes de tocotrienóis. Ainda, nos alimentos de origem animal, a vitamina se concentra nos tecidos gordurosos estando presente nas carnes com mais gordura. Todavia, comparados às plantas, os produtos de origem animal representam uma fonte inferior de Vitamina E (GROPPER; SMITH; GROOF; 2011). “A Vitamina E, como outras vitaminas lipossolúveis, é suscetível de destruição durante o preparo, processamento e armazenamento dos alimentos. Os tocoferóis podem se oxidar com longa exposição ao ar. Além disso, a exposição da vitamina à luz e ao calor também podem promover sua destruição” (GROPPER; SMITH; GROOF; 2011, p. 404).

2.3.1 Absorção, transporte e armazenamento

Os tocotrienóis, assim como suas formas ésteres sintéticos, são encontrados esterificados e precisam ser hidrolisados para poderem ser absorvidos. A vitamina E é principalmente absorvida no jejuno por meio de difusão passiva (que requer transportador). Assim como no caso dos lipídios, são necessários os sais biliares para a emulsificação, solubilização e formação de micelas, permitindo que a vitamina se espalhe pela membrana enterócita.

Estudos apontam que a variação de absorção da Vitamina E vai de 20% até cerca de 80%. No caso do tocoferol, já é absorvido no enterócito e incorporado nos quilomícrons para transporte através do sistema linfático e na circulação. Durante o transporte, o tocoferol é também transferido entre as lipoproteínas do plasma, inclusive HDLs e LDLs, que contêm as mais elevadas concentrações dessa vitamina.

Posterior, assim como nas demais vitaminas lipossolúveis, os quilomícrons remanescentes levam a Vitamina E para o fígado para a ressecção de volta ao sangue e transporte até os outros tecidos.

A assimilação do tocoferol nas células acontece por intermédio das lipoproteínas que são assimiladas pelos tecidos do corpo, através de diferentes mecanismos, dentre quais se destaca uma proteína de transferência fosfolipídica que facilita a transferência da Vitamina E das lipoproteínas para as membranas. Quanto ao local de reserva da Vitamina E, não existe nenhum órgão de armazenamento único, a maior quantidade (mais de 90%) da vitamina fica concentrada em uma forma não esterificada, em gotículas de gordura no tecido adiposo, com quantidades menores no fígado, pulmão, coração, músculo, glândulas suprarrenais, vesícula e cérebro (GROPPER; SMITH; GROOF, 2011).

2.3.2 Funções

A Vitamina E, como já mencionado anteriormente, é um potente antioxidante, devido ao seu local de atuação (porção lipídica das membranas celulares) protege os fosfolipídios insaturados da membrana de degradações oxidativas derivadas das espécies reativas de oxigênio e radicais livres, os quais são oriundos, entre outros fatores, da nossa própria alimentação.

Essa ação ocorre devido à capacidade da vitamina em reduzir os radicais em metabólitos não prejudiciais por meio da doação de um hidrogênio (processo conhecido como varredura de radicais livres). Com isso, entende-se que a Vitamina E é um componente importantíssimo do sistema de defesa antioxidante envolvendo outras enzimas, como a superóxido dismutase (SOD), glutathiona peroxidase (GSH-Px) e catalase (CAT) e também agindo com fatores não enzimáticos como o selênio.

Entendendo a importância da vitamina nesse sistema, os cientistas estudam sua relação com a prevenção de câncer, envelhecimento, doença cardiovascular, diabetes e doenças neurodegenerativas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.3.3 Ingestões dietéticas de referência

A Vitamina E é quantificada em termos de equivalente de α -tocoferol (α -TE), todavia, em alguns rótulos e suplementos ainda vemos a quantificação em UI, sendo que uma UI de Vitamina E é igual a 0,67 mg de α -tocoferol. Para essa vitamina, temos estabelecidas AI para lactentes e RDAs para as demais idades (aproximadamente 15 mg/dia), assim como a UL, que representam um valor bem distante (1000mg) da recomendação diária de ingestão (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.3.4 Deficiência e toxicidade

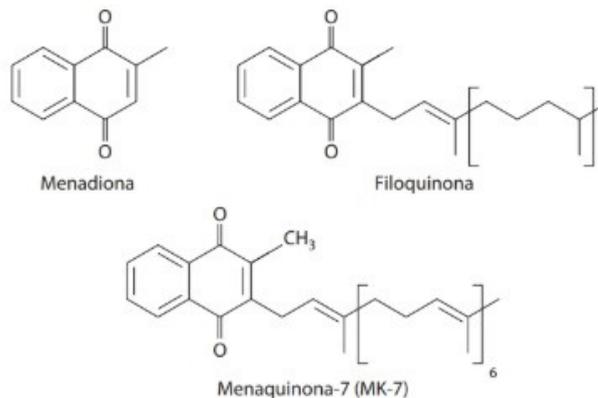
De maneira geral, as manifestações da deficiência de Vitamina E são nos sistemas neuromuscular, vascular e reprodutor, sendo importante destacar que a deficiência de Vitamina E pode levar de 5 a 10 anos para resultar em manifestações, como: perda de reflexos tendíneos profundo, prejuízo na sensação de posição, alterações no equilíbrio, fraqueza muscular, alterações visuais. A ocorrência da deficiência dessa vitamina é rara, podendo ocorrer principalmente em indivíduos com dificuldade na absorção de lipídios. Quanto à toxicidade, entre as lipossolúveis, é uma vitamina com menor capacidade de toxicidade. Todavia, quando em altas quantidades pode diminuir a absorção das demais vitaminas lipossolúveis, principalmente da Vitamina K (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.4 VITAMINA K

A Vitamina K tem esse nome a partir da palavra dinamarquesa *koagulation*, que significa coagulação. Pois, na década de 1920, H. Dam descobriu que pintinhos alimentados com uma dieta de pouca gordura e livre de colesterol sangravam excessivamente, e que seu sangue demorava muito tempo para coagular, e que a vitamina que faltava, chamada K, que resolvia esse problema, foi identificada apenas em 1941, quando Dam (juntamente com Doisy) recebeu o Prêmio Nobel de Medicina por sua descoberta.

As formas da vitamina K que ocorrem naturalmente são filoquinonas (2-metil 3- -fitil 1,4-naftoquinona), também conhecida como K1, isoladas de plantas verdes, e menaquinonas, K2, que geralmente são sintetizadas por bactérias. Embora a maioria das menaquinonas seja gerada por bactérias, uma delas é obtida da menadiona. A menadiona, 2-metil 1,4-naftoquinona (antes chamada K3), que não é encontrada naturalmente, mas é uma forma sintética, que precisa ser alquilada no organismo pelas enzimas dos tecidos, para que assuma estrutura ativa.

FIGURA 11 – FÓRMULAS BIOLÓGICAMENTE ATIVAS DA VITAMINA K



FONTE: Gropper, Smith e Groof (2011, p. 412)

A vitamina K é fornecida principalmente como filoquinona em alimentos vegetais e como uma mistura de menaquinonas em produtos de origem animal. Quanto aos vegetais, podemos citar que os que mais a possuem são as folhas verde-escuras, como brócolis, repolho, nabo, alfaces escuras (100 mcg/100 g de alimento). Nos laticínios, carnes e ovos são presentes em uma proporção de 0 a 50 mcg/g e nas frutas contém cerca de 15 mcg/g. Pesquisadores relatam que produtos que contém óleos vegetais podem ser fontes de filoquinona, a carne e os laticínios são boas fontes de menaquinona (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011). De maneira geral, a Vitamina K é estável em temperaturas mais altas, todavia é sensível à luz e álcalis.

2.4.1 Absorção, transporte e armazenamento

Como possuem estruturas diferenciadas, as formas ativas de Vitamina K também possuem processos diferenciados na absorção. As filoquinonas são absorvidas por meio do uso de energia no intestino delgado, sendo que as menaquinonas e a menadiona são absorvidas até no cólon sem gasto energético, por difusão passiva. Considerando que, por serem lipossolúveis, necessitam de uma quantidade mínima de gordura dietética, sais biliares e sucos pancreáticos. Após o processo de transporte pelos quilomícrons são distribuídos no organismo pelas LDLs (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.4.2 Funções

Como sabe-se, a Vitamina K tem relação direta com o processo de cicatrização, conforme o mecanismo a seguir: é essencial para a carboxilação pós-translacional dos resíduos do ácido glutâmico em proteínas para formar resíduos de carboxiglutamato (GLA); os resíduos ligam-se ao cálcio. No processo de geração de resíduos, a Vitamina K é oxidada para um epóxido. Ela é restaurada para a sua forma de hidroquinona pela enzima epóxido redutase. Esse processo é conhecido como o ciclo da Vitamina K, que pode ser rompido pelos inibidores da regeneração da Vitamina K reduzida, incluindo as drogas do tipo cumarina, tais como varfarina e dicumarol (que é a base para suas atividades anticoagulantes). Quatro proteínas GLA coagulantes de plasma foram identificadas, entre elas a trombina, que é necessária para a conversão de fibrinogênio em fibrina na coagulação sanguínea. Além disso, pelo menos três proteínas encontradas nos tecidos calcificados e pelo menos uma proteína encontrada no tecido aterosclerótico calcificado foi identificada (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011, p. 81).

Ainda, de acordo com Denisova e Booth (2005), a Vitamina K pode desempenhar papel fundamental na regulação das múltiplas enzimas envolvidas no metabolismo de esfingolipídios no cérebro.

2.4.3 Ingestões dietéticas de referência

A Vitamina K, bem como seus vitâmeros, são expressos em microgramas de vitamina. As DRIs são expressas como AI, não sendo ainda determinada a UL. Ressalta-se aqui que a ausência de evidências de uma deficiência significativa de Vitamina K na população traduza que o que é consumido normalmente pela população seja suficiente para suprir as necessidades diárias, ou que possa ser produzida pela microflora entérica (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.4.4 Deficiência e toxicidade

Considerando a principal função da Vitamina K, na sua ausência, a principal manifestação é a hemorragia que, em casos mais graves, pode causar anemia fatal. Todavia, destaca-se que essa deficiência é rara e quando acontece é relacionada à má absorção de lipídios e à destruição da flora intestinal. Quanto à toxicidade, nem as filoquinonas, nem as menaquinonas apresentaram efeito adverso, diferente da menadiona que pode ser tóxica causando anemia hemolítica e icterícia severa (MAHAN; ESCOTT-STUMO, 2011).

VITAMINA D: IMPORTÂNCIA E IMPLICAÇÕES DE SUA DEFICIÊNCIA EM IDOSOS

Ylanna Bento Duarte
 Mariana Zanatta Bechara
 Maisa Cristine de Oliveira Borba
 Gabriela Dantas Matos Pedreira
 Ana Luiza Mapa Fernandes

Resumo: Introdução: a deficiência de Vitamina D (VD), que na verdade é um hormônio, é considerada um problema de saúde pública mundial em todas as faixas etárias. Esta deficiência está presente em países industrializados que já fazem suplementação há algum tempo, inclusive em países com baixa latitude onde se supunha ser a radiação ultravioleta adequada para a produção eficiente de VD. A hipovitaminose D é responsável por diversos agravos à saúde, como o aumento no risco de fraturas (especialmente em idosos), síndromes metabólicas, limitações funcionais, doenças autoimunes, infecciosas e crônicas, tais como hipertensão, diabetes e câncer. Níveis insuficientes de VD em idosos estão associados ainda à redução de mobilidade, piora na resposta muscular, bem como ao risco de quedas. A insuficiência está também associada à decadência cognitiva, ao aumento do risco de doenças de Alzheimer e Parkinson. **Objetivo:** Descrever a importância e as implicações da deficiência de Vitamina D em indivíduos idosos. **Metodologia:** as bases de dados para consulta foram *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (Medline/PubMed)*, *Scientific Electronic Library Online (Scielo)* e Google Acadêmico. Estudos em inglês ou português, ano de publicação entre 2010 a 2017. **Resultados:** a VD é um regulador endócrino chave da homeostase de cálcio-fosfato e do metabolismo ósseo, além de atuar em processos inflamatórios e imunológicos. O envelhecimento tem sido considerado como fator preditivo para a diminuição da síntese dessa vitamina. Inúmeros outros fatores estão associados a esta deficiência, tais como ingestão dietética inadequada, exposição solar insuficiente ou o uso de bloqueadores solares, doenças inflamatórias crônicas, medicamentos, aumento de massa gorda, dentre outros. **Conclusão:** a importância da Vitamina D para a saúde humana é inequívoca e sua deficiência é uma condição subdiagnosticada que recebe cada vez mais atenção mundial. Há controvérsias em relação aos níveis

ótimos de VD, porém, cada vez mais são exigidas triagens para o diagnóstico de uma série de doenças. Considerando que a suplementação dessa vitamina é segura e barata, ela é recomendada para indivíduos com risco de quedas, como idosos, residentes de enfermagem, indivíduos frágeis com comprometimento da marcha e equilíbrio, com deficiências visuais e com doenças crônicas. Entretanto, a suplementação para idosos ainda necessita de estudos mais elaborados e de longo prazo para que seu impacto positivo seja realmente comprovado.

FONTE: <<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0038-1675116>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

RESUMO DO TÓPICO 2

Neste tópico, você aprendeu que:

- As vitaminas lipossolúveis, ao contrário das hidrossolúveis, são absorvidas mediante a presença de lipídios, pelo mesmo processo de formação dos quilomícrons.
- Por serem lipossolúveis, possuem reserva em diferentes tecidos do organismo, gerando menos possibilidades de deficiência.
- Da mesma forma, por possuírem reserva, podem ter mais possibilidades de causar efeitos derivados de quantidades excessivas.
- Assim como as vitaminas hidrossolúveis, nem todas possuem RDA já estabelecida.
- Estão presentes em diferentes alimentos, mas que são melhores absorvidas quando presentes em alimentos que possuem lipídios em sua constituição.
- A Vitamina D atua como hormônio.
- A Vitamina E é a vitamina mais importante dentro do mecanismo de proteção oxidante (antioxidante).
- As vitaminas possuem diferentes funções, todas de extrema importância ao desenvolvimento humano, com destaque à Vitamina A, necessária de ser suplementada na primeira infância em algumas regiões do Brasil.

AUTOATIVIDADE



- 1 Assinale de acordo com a letra representativa de cada vitamina, nas colunas em branco, de acordo com a função correspondente:

(A) Vitamina A	() Antioxidante (prevenção do envelhecimento)
(B) Vitamina D	() Visão, sistema imunológico, crescimento
(C) Vitamina E	() Cicatrização
(D) Vitamina K	() Formação da estrutura óssea
- 2 Elenque duas das principais diferenças entre as vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.
- 3 Em que situação é mais comum a deficiência das vitaminas lipossolúveis?



MINERAIS E ÁGUA

1 INTRODUÇÃO

Olá, acadêmico! Como estão os estudos? Compreenderam a importância de uma alimentação variada e equilibrada que forneça diariamente as vitaminas ao organismo? Neste tópico, daremos continuidade falando de outros micronutrientes, os minerais e também da água, sua estrutura e funcionalidade ao organismo humano. Adentrando ao metabolismo de forma mais breve, para podermos discutir toda essa gama de minerais e sua atuação, bem como a importância de uma boa hidratação.

Os minerais são substâncias inorgânicas, divididos em microminerais e macrominerais. Os minerais “principais” são os macrominerais, nutrientes essenciais encontrados no corpo humano em quantidades superiores a 5 g, sendo eles: sódio, cloreto, potássio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre. E os microminerais são nutrientes essenciais encontrados no organismo em quantidades inferiores a 5 g, também conhecidos como minerais traços, são eles: ferro, zinco, iodo, selênio, cobre, manganês, flúor, cromo e molibdênio (WHITNEY; ROLFES, 2013).

2 MINERAIS

Os minerais, embora em quantidades pequenas no corpo humano, executam diferentes e importantes tarefas. Por exemplo: o sangue não transporta oxigênio sem a presença do ferro e a insulina não capta a glicose sem o cromo, assim como os dentes se desgastam sem flúor e as glândulas da tireoide desenvolvem bócio sem iodo. O que achou? Os minerais são importantes ao dia a dia do homem?

Os minerais estão presentes nos alimentos consumidos diariamente, cereais, carnes, frutas, hortaliças, sendo que seu teor depende da composição do solo e da água, além do processamento ao qual o alimento é submetido. Assim como discutimos nas vitaminas, fatores gerais da dieta e do corpo afetam a biodisponibilidade destes. Além disso, interações entre os minerais são comuns, levando, em alguns momentos, a desequilíbrios nutricionais, temos como um bom exemplo a sobrecarga de manganês que agrava a deficiência do ferro, a deficiência do selênio que interfere nos hormônios tireoidianos e a deficiência de ferro que deixa o organismo vulnerável a intoxicação por chumbo (WHITNEY; ROLFES, 2013). Agora, conheceremos um pouco de cada mineral, começando pelos microminerais, pois veremos os macrominerais juntamente com a água, já que alguns deles também são conhecidos como eletrólitos.



Assim como as vitaminas, os minerais possuem DRIs (EAR/RDA/AI/UL) estabelecidas de acordo com a idade e condição fisiológica, no caso da gestante e lactente, por isso, não focaremos aqui nas quantidades indicadas de consumo, orientamos que, para isso, consulte sempre a tabela da DRI, que é constantemente atualizada. Nesse ano de 2019 tivemos a quantidade recomendada de potássio atualizada.

2.1 FERRO

O ferro alterna-se em dois estados iônicos: ferro ferroso (reduzido) Fe^{++} , e ferro férrico (oxidado) Fe^{+++} , estados que permitem que o ferro seja um co-fator, no processo de oxidação e redução de enzimas. O ferro faz parte dos carregadores de elétrons que participam da cadeia de transporte de elétrons, formando água e produção de ATP.

A maior parte desse mineral está presente em duas proteínas: a hemoglobina, nos glóbulos vermelhos; e a mioglobina, nas células musculares. A hemoglobina é a proteína carregadora de oxigênio dos glóbulos vermelhos que transporta o oxigênio dos pulmões para os tecidos, é responsável por 80% do ferro do organismo. O equilíbrio da absorção do ferro depende do seu estado no organismo, quando o estoque está alto, a absorção é diminuída, quando o estoque está baixo, a absorção é aumentada.

Lembrando que o ferro é mais ou menos absorvido dependendo da sua fonte, sendo o ferro heme, o mais biodisponível, presente na carne bovina, aves e peixes; e o ferro não heme, presente nos alimentos de origem vegetal e animal. Os alimentos fonte são: a carnes vermelha, peixes, aves, moluscos, ovos, leguminosas e frutas secas. A deficiência é comum em crianças e gestantes, anemia ferropriva e deficiência de ferro, onde a deficiência remete a diminuição nos estoques sem a depleção que leva a anemia, mas já apresentam redução na capacidade do trabalho físico e produtividade mental. E na anemia há uma condição grave de redução dos estoques de ferro, resultando em baixa concentração de hemoglobina, redução no transporte de oxigênio e consequentemente fraqueza, dores de cabeça, apatia, palidez e intolerância ao frio. Já, quanto a toxicidade, não é comum, mas a sobrecarga de ferro surgiu como um distúrbio importante no metabolismo e regulação do ferro, sendo os sintomas: apatia, letargia e fadiga. Além de algumas pesquisas ligarem o ferro as doenças cardiovasculares (RAMAKRISHNAN; KUKLINA; STEIN, 2002) e ao câncer (WHITNEY; ROLFES, 2013; PALERMO, 2014).

2.2 ZINCO

Atua como cofator de mais de trezentas enzimas, estando em maior quantidade nos músculos e ossos. Participa da atividade das metaloenzimas, proteínas envolvidas em inúmeros processos metabólicos (divisão do DNA e RNA, fabricação de heme para a hemoglobina, metabolismo dos ácidos graxos essenciais, liberam Vitamina A dos estoques no fígado, metabolizam carboidratos, sintetizam proteínas, metabolizam álcool no fígado, entre outras funções). Também age nas membranas celulares como antioxidante, e é essencial na percepção do paladar, cicatrização de feridas, produção de espermatozoides e desenvolvimento fetal. Quanto à absorção, o zinco é absorvido em média de 15 a 40% da quantidade consumida, dependendo do seu estoque corporal, e dos fatores de biodisponibilidade, devido a presença de fibras e fitatos nos alimentos, assim como do ferro, que diminuem a absorção do zinco. Os alimentos fonte são carnes vermelhas, mariscos e grãos integrais. Quanto à deficiência não é comum, mais presente em crianças, gestantes e idosos. Tem como sintomas o nanismo (retardo no crescimento no caso de crianças), redução do processo digestivo e absorção, diminuição na resposta imunológica e deficiência no sistema motor e cognitivo em casos crônicos. A toxicidade pode causar vômitos, diarreia, dores de cabeça e exaustão entre outros sintomas (ADAMS, 2002; WHITNEY; ROLFES, 2013).

2.3 IODO

É parte integrante dos hormônios tireoidianos, os quais regulam a temperatura corporal, taxa metabólica, reprodução, crescimento, produção de células sanguíneas entre outras. No intestino, o iodo (presente nos alimentos) é transformado em iodeto (forma presente no organismo). Os alimentos fontes são o sal iodado, frutos do mar, pão e laticínios. Com relação à deficiência de iodo, quando acontece, a produção de hormônios tireoidianos cai e o corpo responde com maior produção do hormônio tireoestimulante (TSH) que tenta acelerar a captação de iodo na glândula da tireoide, a qual pode crescer gerando o bócio simples, podendo desencadear também danos no cérebro. No caso do iodo, a toxicidade também desencadeia o crescimento da glândula da tireoide (VAN DEN BRIEL *et al.*, 2000; WHITNEY; ROLFES, 2013).

2.4 SELÊNIO

Importante antioxidante, compartilha algumas funções com o enxofre. Atua em conjunto com a enzima glutathione peroxidase (GPS-Px) e com a Vitamina E. Além disso, outra enzima que depende de selênio é a que converte o hormônio tireoidiano na sua forma ativa. Os alimentos fonte são: frutos do mar, carnes, cereais integrais e hortaliças. Sua deficiência tem sido relacionada a doenças cardíacas, ainda são necessários mais estudos, considerando sua ação em relação ao mecanismo antioxidante. A toxicidade pode causar perda de cabelo e quebra de unha e anormalidades no sistema nervoso. (DRISCOLL; COPELAND, 2003; WHITNEY; ROLFES, 2013).

2.5 COBRE

Constituinte de diversas enzimas que estão envolvidas no processo de consumo de oxigênio, como, por exemplo, a enzima (ceruloplasmina) que catalisa a reação de ferro ferroso em ferro férrico. Também atua na defesa antioxidante, atuando como co-enzima do superóxido dismutase, além de auxiliar na fabricação de colágeno e na cicatrização de feridas. Os alimentos fonte são: frutos do mar, nozes, cereais integrais, sementes e oleaginosas. Sua deficiência é rara, com relatos de danos cardiovasculares, necessitando da mesma forma, mais estudos, considerando sua ação antioxidante. A toxicidade, apenas via suplementação nutricional, pode causar danos hepáticos (WHITNEY; ROLFES, 2013; PALERMO, 2014).

2.6 MANGANÊS

O corpo humano possui apenas 20 mg de manganês, maior parte encontrada nos ossos, além de ser ativo no fígado, rins e pâncreas. Atua como cofator no metabolismo de macronutrientes, na formação óssea e geração de energia. Deficiência e toxicidade: deficiência rara, sendo que devemos cuidar com as interações, pois o excesso no consumo (suplemento nutricional) de ferro e cálcio diminuem a absorção de manganês, assim como o consumo paralelo de fibras e fitatos. A toxicidade também é rara, mas pode surgir em ambientes contaminados com manganês, causando anormalidades na aparência e no comportamento. Alimentos fonte: nozes, cereais integrais, hortaliças folhosas (COZZOLINO; COMINETTI, 2013; WHITNEY; ROLFES, 2013).

2.7 FLÚOR

Esse mineral forma a fluorapatia, que deixa os ossos mais fortes e os dentes mais resistentes às caries. Os alimentos fonte são: água potável, chá e frutos do mar, sendo que a água potável é naturalmente a melhor fonte de flúor. Na deficiência de flúor, o surgimento de cáries é facilitado. A toxicidade pode causar manchas brancas nos dentes até corrosão do esmalte (devemos cuidar para não ingerir produtos dentários com flúor) (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

2.8 CROMO

Mineral que participa do metabolismo dos carboidratos e lipídios. Auxilia na homeostase na glicose aumentando a atividade da insulina. Assim como o ferro, assume diferentes cargas, sendo o íon Cromo Cr^{+++} , o mais presente. Os alimentos fonte são as carnes, cereais integrais e levedura de cerveja. Em sua deficiência pode ocasionar uma situação semelhante ao diabetes. Não há relatos de toxicidade (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011).

2.9 MOLIBDÊNIO

Atuante em metaloenzimas. Os alimentos fonte são: as leguminosas, pães, vegetais folhosos, leite e fígado. Não há relatos de deficiência e a toxicidade também é rara, podendo ocasionar danos hepáticos e anormalidades reprodutivas (WHITNEY; ROLFES, 2013).

3 ÁGUA E ELETRÓLITOS (MACROMINERAIS)

Bem, acabamos de conhecer as informações mais importantes dos microminerais, aqueles que estão presentes em menor quantidade nos alimentos e que também necessitamos em menor quantidade. Agora, veremos de forma combinada os macrominerais com a funcionalidade da água, já que alguns também são eletrólitos. Neste subtópico, será possível relacionarmos a homeostase do organismo humano, com o equilíbrio do consumo hídrico e dos minerais responsáveis por auxiliar neste processo dentro e fora dos compartimentos celulares. Além de destacarmos as demais funções e biodisponibilidade desses macrominerais.

A água é um nutriente essencial para a vida. Só é possível sobreviver sem água por alguns dias, sendo que sem os demais nutrientes sobrevivemos algumas semanas, meses e até anos. A água corresponde a 60% do peso corporal em um adulto normal, sendo que um homem de 70 kg possui em média 42 L de água. A água compõe três quartos do peso dos tecidos magros e menos de um quarto do peso da gordura, dessa forma, podemos perceber que a composição corporal interfere na quantidade de água corporal, ou seja, pessoas com maior quantidade de massa magra possuem, conseqüentemente, mais água compondo as estruturas corporais (WHITNEY; ROLFES, 2013).

A água é localizada, em nosso organismo, em dois reservatórios: intracelular (dentro das células), que reserva 28 L (40%) e extracelular (toda água externa as membranas celulares) os outros 14 L (20%), considerando o exemplo anterior de um homem de 70 kg, sendo que este último compartimento subdivide-se funcionalmente em plasma (5%) e fluido intersticial (15%), o qual recobre diretamente as células extravasculares e permite a passagem de nutrientes e produtos metabólicos entre o sangue e as células (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011).

Quanto à funcionalidade da água, qual a importância dela no seu dia a dia? A água possibilita a solubilização e a passagem de uma grande variedade de nutrientes orgânicos e inorgânicos do sangue para a célula e da célula para o sangue, além de ser indispensável nas inúmeras reações metabólicas que ocorrem intracelularmente:

- Manter a estrutura de moléculas grandes, como as proteínas e o glicogênio.
- Servir como solvente para minerais, vitaminas, aminoácidos, glicose e muitas outras moléculas pequenas para que possam participar de atividades metabólicas.

- Agir como lubrificante e amortecedor ao redor de articulações e dentro dos olhos, medula espinhal, e em gestações, do saco amniótico que envolve o feto no útero.
- Auxiliar na regulação da temperatura normal do corpo, pois a evaporação do suor pela pele elimina o excesso de calor do corpo.
- Manter o volume de sangue.



Consumir bastante água pode proteger a bexiga de um câncer, devido à diluição da urina e redução de seu tempo de retenção, proteger de cálculos renais, câncer de próstata e mama (WHITNEY; ROLFES, 2013).

Considerando todas essas e demais funções, o corpo deve sempre manter o equilíbrio hídrico (ingestão = liberação) (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011; WHITNEY; ROLFES, 2013). Com relação às fontes de água, evidentemente que a água é a mais “disponível”, mas vocês sabiam que quase todos os alimentos e demais bebidas possuem água? Muitas frutas e hortaliças possuem aproximadamente 90% de água. Além disso, a água também é produzida no metabolismo, na geração de energia e utilização do oxigênio.

O organismo elimina no mínimo 500 ml de água por dia através da urina, o suficiente para descartar os resíduos produzidos durante o dia. Também, a água é eliminada pelos pulmões em forma de vapor e pela pele como suor, além da excreção pelas fezes. Em geral, as perdas diárias totalizam 2,5 L de água (GROPPER; SMITH; GROFF, 2011; WHITNEY; ROLFES, 2013).

3.1 INGESTÃO HÍDRICA

E quanto à recomendação de consumo de água, quanto você acredita que deve ingerir de água por dia para manter o equilíbrio hídrico? As recomendações para ingestão de água são de: 1,0 a 1,5 ml/kcal gastos diariamente em adultos, no caso de crianças e atletas, corresponde a 1,5 ml/kcal gastos. Ainda, de acordo com a Ingestão Adequada (AI), estabelecida pelo Comitê para Ingestão Dietética de Referência (DRI, 2002) para o total de água os homens devem consumir aproximadamente 3,7 L/dia e mulheres 2,7 L/dia (WHITNEY; ROLFES, 2013).

Por fim, o gatilho para o consumo hídrico, vamos recordar como acontece? Quando o equilíbrio hídrico diminui, o sangue começa a se concentrar, a boca seca e o hipotálamo inicia a sensação de sede. Os receptores de estiramento no estômago enviam sinais para a ação de beber, bem como os receptores que monitoram o volume de sangue no coração. Caso o indivíduo que está com perda de água não a

reponha, ocorre a desidratação, que justamente tem como seus primeiros sintomas a sede, e, como consequência do não consumo hídrico, com rapidez seguem os demais sintomas, podendo resultar em morte (WHITNEY; ROLFES, 2013).

TABELA 3 – SINAIS DA DESIDRATAÇÃO

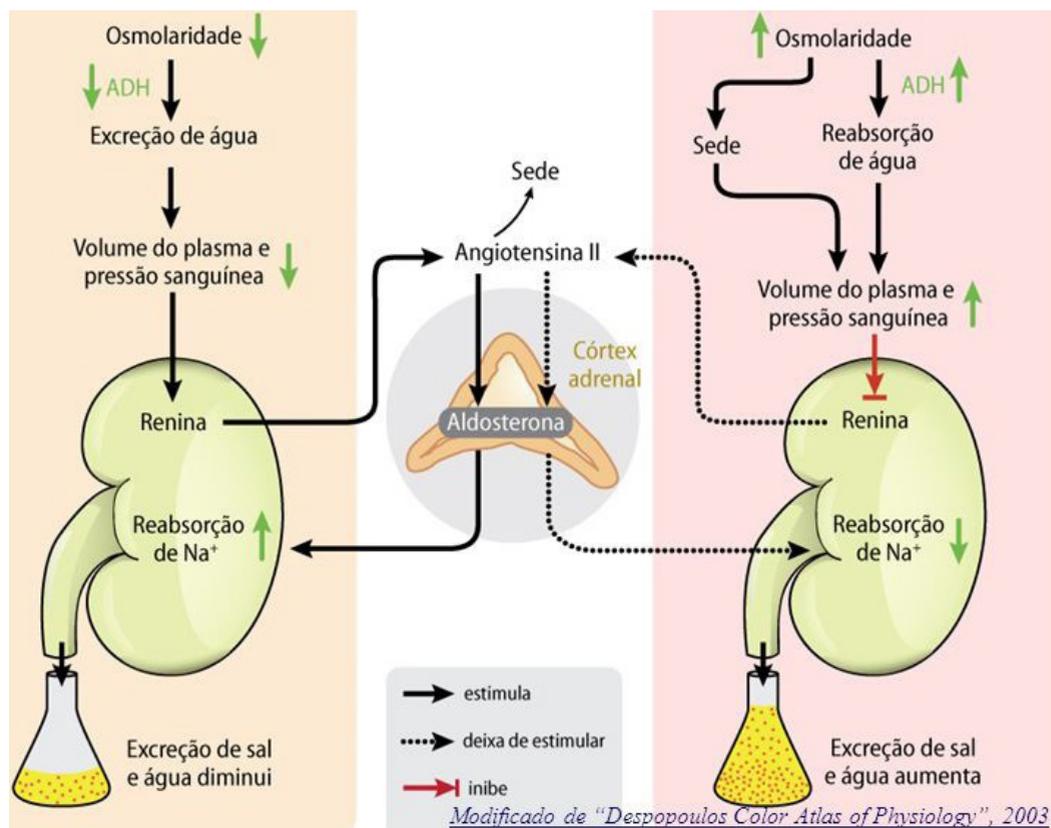
Perda de peso corporal (%)	Sintomas
1-2	Sede, fadiga, fraqueza, desconforto passageiro, perda de apetite
3-4	Desempenho físico prejudicado, boca seca, redução da quantidade de urina, pele avermelhada, impaciência, apatia
5-6	Dificuldade de concentração, dor de cabeça, irritabilidade, sonolência, regulação da temperatura prejudicada, aumento da taxa respiratória
7-10	Tontura, músculos espásticos, perda do equilíbrio, delírios, exaustão, colapso

Obs.: O início e a gravidade dos sintomas em vários graus de perda de peso corporal dependem do nível de condicionamento físico, grau de aclimatização, temperatura e umidade.

FONTE: Whitney e Rolfes (2013, p. 260)

Por outro lado, a intoxicação por alta ingestão de água também pode ocorrer, embora seja mais rara. Os sintomas incluem confusão, convulsões e até a morte em casos extremos. Devido a isso, pelas alterações mediante faltas e excessos, destaca-se, na figura a seguir, a demonstração da manutenção do volume sanguíneo, o qual influencia diretamente na pressão arterial e tem como maestro os rins, que ajustam cuidadosamente o volume e a concentração de urina, para acomodar as alterações no corpo, decorrente da rotina diária (WHITNEY; ROLFES, 2013).

FIGURA 12 – REGULAÇÃO DO VOLUME SANGÜÍNEO NO CORPO



FONTE: <<http://player.slideplayer.com.br/9/2586824/data/images/img44.jpg>>. Acesso em: 6 jan. 2020.

3.2 EQUILÍBRIO HIDROELETROLÍTICO E MACRONUTRIENTES

A manutenção dos fluidos corporais é de suma importância para a sobrevivência das células, pois, caso uma quantidade excessiva de água entre nelas, podem romper, já no caso de perda excessiva de água, elas entram em colapso, por isso, para controlar o fluxo da água, as células controlam o fluxo dos macrominerais (WHITNEY; ROLFES, 2013), que são: sódio, cloreto, potássio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre, sendo que nem todos atuam com tanta influência nesse processo. Vejamos:

Quando o cloreto de sódio (NaCl) é dissolvido na água, ele se dissocia em íons, átomos que ganharam ou perderam elétrons, possuindo, portanto, carga elétrica, que podem ser cátions (carga positiva – Na⁺) e ânions (carga negativa – Cl⁻), transportam na água eletricidade de forma corrente, por isso são chamados de eletrólitos e os fluidos aos quais estão presentes de soluções eletrolíticas, as quais possuem concentrações de ânions e cátions equilibradas. Dessa forma,

se um ânion entrar no fluido, um cátion deverá acompanhá-lo, ou outro ânion deverá sair, sempre que íons Na^+ saírem da célula outro cátion entrará, o potássio (K^+), por exemplo (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Importante ressaltar que os cátions e ânions atraem conjuntos de moléculas de água em volta deles, possibilitando sua dissolução e possibilitando que o corpo mova fluidos para os demais compartimentos. Alguns eletrólitos permanecem na área extracelular (Na^+ e Cl^-), enquanto outros têm mais afinidade pela parte intracelular (K^+ , magnésio, fosfato e sulfato) e em toda troca de compartimento a água acompanha o eletrólito (processo denominado osmose) (WHITNEY; ROLFES, 2013).

Apesar do equilíbrio osmótico no organismo ser constante, em algumas situações ocorre o desequilíbrio, como, por exemplo: utilização de medicamentos, vômito e diarreia forte, suor excessivo, queimaduras e ferimentos. Considerando que o sódio e o cloreto são os íons extracelulares, serão os primeiros a serem perdidos quando o líquido é eliminado. Em alguns casos, a reposição do líquido perdido acontece apenas com a água natural e fresca e alimentos apropriados. Em determinadas situações é necessário a reposição de fluidos e eletrólitos. Profissionais da saúde utilizam em determinados casos de diarreia crônica a terapia de reidratação oral, que contém uma colher de açúcar, uma pitada de sal e meio litro de água (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

Relembrando que os macrominerais são assim chamados porque estão presentes e são necessários em maiores quantidades que os demais minerais. São substâncias inorgânicas (que preservam sua identidade química) e tem sua biodisponibilidade variável, pois os alimentos contêm aglutinadores (fitatos e oxalatos) que combinam com alguns minerais e os carregam para fora do organismo. Também, os minerais interagem entre si, como o sódio e o cálcio, que são excretados em conjunto quando o consumo de sódio é excessivo, assim como o fósforo se liga ao magnésio no TGI (WHITNEY; ROLFES, 2013).

Compreendido até aqui? Passaremos agora a discutir os macrominerais (sódio, cloreto, potássio, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre) envolvidos nesse processo de equilíbrio eletrolítico e demais funções.

3.2.1 SÓDIO

Principal cátion do fluido extracelular e importante regulador do seu volume, é necessário aos impulsos nervosos e contração muscular. É um mineral prontamente absorvido no TGI e percorre o sangue livremente até chegar ao rim, onde é filtrado e devolvido à corrente sanguínea na quantidade necessária ao organismo. Em geral, o que é absorvido é excretado. Os alimentos fonte são: alimentos processados, que concentram a maior parte do sódio consumido pela população diariamente, em que 75% do sódio da dieta é proveniente de sal adicionado no processamento dos alimentos, 15% originam do sal adicionado no cozimento, no preparo das refeições e

apenas 10% derivam do conteúdo natural dos alimentos. A deficiência pode causar câibras, apatia mental, perda de apetite, e o excesso pode desencadear edema e hipertensão aguda (WHITNEY; ROLFES, 2013; PALERMO, 2014).

3.2.2 CLORETO

É o principal ânion dos fluidos extracelulares, que ocorre com mais frequência associado ao sódio (cloreto de sódio). Também pode deslocar-se livremente para o interior da célula e se associar ao potássio. Auxilia na manutenção do equilíbrio hidroeletrólítico. No estômago esse íon forma o ácido clorídrico que mantém a acidez do suco gástrico. Os alimentos fonte são: sal de cozinha, molho de soja, quantidades moderadas de carnes, leite e ovos. Não há relatos de deficiência. A única causa conhecida sobre altas concentrações de cloreto no sangue, é durante a desidratação (WHITNEY; ROLFES, 2013).

3.2.3 POTÁSSIO

É o principal cátion dentro da célula. Tem papel essencial na manutenção do equilíbrio hidroeletrólítico e na integridade da célula. Durante a transmissão de impulsos nervosos e a contração muscular o potássio e o sódio, brevemente, trocam de posição através da membrana, e a célula as “manda” novamente para suas posições. Os alimentos fonte são alimentos integrais, carnes, leites, frutas, hortaliças, grãos e leguminosas. Sua deficiência é o desequilíbrio eletrólítico mais comum, devido à perda (diarreia, vômito, desidratação, medicamentos diuréticos) e não deficiência de consumo, tendo como sintoma a fraqueza muscular. Não foi estabelecido limite superior tolerável de ingestão (WHITNEY; ROLFES, 2013).

3.2.4 CÁLCIO

É o mineral mais abundante no corpo humano, e se encontra quase que totalmente (99%) nos ossos, local onde desempenha importantes funções, integrando a estrutura óssea e, com isso, mantendo a postura ereta do corpo. Além disso, a estrutura óssea também é uma reserva do cálcio, de onde este será retirado caso esteja deficiente da corrente sanguínea. Cabe aqui destacar que 1% de cálcio circulante na corrente sanguínea é vital, pois participa na forma de íon das contrações musculares, coagulação sanguínea, conforme vimos quando discutimos a Vitamina K, transmissão de impulsos nervoso, secreção de hormônios e ativação de algumas reações enzimáticas. É importante também, quando falamos do cálcio, o controle que nosso organismo faz para mantê-lo em homeostase, considerando que envolve um sistema de hormônios e Vitamina D. Nos momentos em que a concentração de cálcio entrar em desequilíbrio, três órgãos entrarão em ação: intestinos, ossos e rins, com a participação essencial dos hormônios paratormônio e calcitonina. Os alimentos fontes são leite e derivados, peixes pequenos com espinha, tofu (queijo de soja), hortaliças e leguminosas. O baixo consumo de alimentos fontes de cálcio

na fase de crescimento limita a capacidade de os ossos alcançarem sua massa óssea ideal, que ocorre por volta dos 20 anos. Como consequência, após os 30/40 anos, quando inicia a perda de massa óssea, esses indivíduos têm maior probabilidade de desenvolver osteoporose. Quanto à toxicidade, seu consumo excessivo (acima da ingestão máxima tolerável) pode causar constipação, risco aumentado de cálculos renais e interferência na absorção de outros minerais (JACQMAIN *et al.* 2003; WHITNEY; ROLFES, 2013).



Apenas o leite possui cálcio?

O cálcio é encontrado abundantemente no leite e seus derivados, todavia, é sim possível que pessoas que não ingerem leite alcancem as necessidades diárias de cálcio, mas com uma boa seleção de outros alimentos fontes desse mineral, como, por exemplo, alguns tipos de tofu, tortilhas de milho, nozes e algumas sementes como o gergelim. Uma fatia da maioria dos pães contém cerca de 5 a 10% de cálcio encontrado no leite, mas pode auxiliar no "acumulado do dia". Também, entre as hortaliças, temos boas fontes, como a mostarda, folhas de nabo, couve chinesa, couve, salsinha, agrião, brócolis e espinafre, sendo que, com exceção de hortaliças, como o espinafre, que contém aglutinadores, o teor de cálcio nos alimentos é mais importante do que a biodisponibilidade. As ostras e os peixes pequenos consumidos com a espinha (sardinha) também são uma rica fonte de cálcio. Os asiáticos têm culturalmente a prática de elaborar caldo de ossos quebrados de frango, peixe ou porco imersos em vinagre, cozinhando lentamente, desta forma os ossos liberam o cálcio no meio ácido e com o calor o vinagre evapora. Esse caldo é então utilizado no preparo de demais receitas, como sopas e arroz (o caldo possui cerca de 100 mg de cálcio por colher de sopa). Com isso, podemos reforçar conceitos básicos da nutrição, em que, uma dieta balanceada, contendo todos os grupos alimentares, é a melhor opção para conseguir a ingestão média diária recomendada de todos os nutrientes, sem excessos e modismos, cabendo destacar que dietas excessivas em leite e derivados prejudicam a absorção do ferro (KALKWARF; KHOURY; LANPHEAR, 2003; WHITNEY; ROLFES, 2013).

3.2.5 FÓSFORO

É o segundo mineral mais abundante no corpo, sendo que 85% está concentrado com o cálcio, na forma de cristais de hidroxiapatita nos ossos e dentes. Os demais 15% do fósforo são encontrados em todas as células do corpo, como parte de um sistema tampão principal (ácido fosfórico e seus sais) e fazendo parte do DNA e RNA e consequentemente do crescimento das células. Ainda, esse mineral auxilia no sistema energético celular, pois muitas vitaminas e enzimas apenas são ativadas na presença do fósforo, lembrando que o próprio ATP utiliza três grupos de fosfatos nas suas atividades. Podemos também, ressaltar a atividade do fósforo participante da membrana celular de alguns lipídios, que atua no transporte de outros lipídios no sangue. Os alimentos

fontes são leguminosas, carnes (frango, gado, peixe, porco), leite e derivados. A deficiência de magnésio pode desencadear fraqueza muscular e dores nos ossos e a toxicidade calcificação dos tecidos não esqueléticos (rins), contudo, nenhum efeito adverso foi relatado (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2011).

3.2.6 MAGNÉSIO

Ao contrário do cálcio e do fósforo, o magnésio está presente no corpo humano em pequenas quantidades, apenas aproximadamente 28 g, e mais da metade dessa quantidade concentra-se nos ossos. Ademais, encontramos magnésio nos músculos, tecidos moles e fluido extracelular (apenas 1%). O magnésio, bem como o cálcio, também é considerado um reservatório na estrutura óssea para os momentos de redução nos níveis sanguíneos. Como um componente necessário na catalisação de energia pelo ATP, é de suma importância na utilização da glicose, na síntese de proteínas, das gorduras e dos ácidos nucleicos, e nos sistemas de transporte das membranas celulares. Além disso, também está envolvido nas contrações musculares e coagulação sanguínea, inibindo com isso as ações do cálcio, regulando a pressão arterial e funcionamento dos pulmões. Com atuação ainda, relatada no sistema imunológico. Os alimentos fontes são nozes, leguminosas, cereais integrais, vegetais folhosos verdes, frutos do mar, chocolates e cacau. Os sintomas de deficiência raramente foram relatados, mas podem surgir em casos de doenças e desordens, gerando fraqueza, confusão, convulsões, contrações musculares estranhas, alucinações e dificuldades para engolir. A toxicidade também não é comum, mas proveniente de fontes não alimentares podem causar diarreia, alcalose e desidratação. (SABATIER *et al.*, 2003; WHITNEY; ROLFES, 2013).

3.2.7 ENXOFRE

O corpo não utiliza o enxofre isolado como nutriente. É um macromineral que aparece sempre em conjunto com outros minerais essenciais, como a tiamina, metionina e cisteína. A pele, o cabelo e a unha possuem algumas das proteínas mais rígidas do corpo, as quais possuem alto teor de enxofre. Não existe valor de ingestão recomendada para o enxofre, bem como não há registros de deficiência e toxicidade devido a sua característica de não estar isolado (WHITNEY; ROLFES, 2013).

LEITURA COMPLEMENTAR**ANEMIA FERROPRIVA: UM PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA**

Diego Henrique de Paula Hott
Fernanda Rodrigues Nascimento
Rafael de Souza Barbosa

Resumo: A anemia ferropriva é ocasionada quando há um desequilíbrio entre a quantidade de ferro disponível no organismo e a necessidade orgânica, ocasionando a diminuição da taxa de hemoglobina. Os sinais clínicos da deficiência de ferro não são facilmente identificáveis e muitas vezes, a anemia não é diagnosticada, estes sinais incluem: palidez, perversão do apetite, cansaço, fraqueza muscular, anorexia, apatia, irritabilidade, diminuição da atenção e deficiência psicomotora. O objetivo deste trabalho é conhecer com maior detalhe a anemia ferropriva, em quais grupos etários é mais incidente, suas causas e sintomas e os parâmetros laboratoriais no diagnóstico. O presente estudo consiste em uma revisão bibliográfica com análise e discussão, sendo selecionadas publicações dos últimos quinze anos, dando preferência às publicações nos idiomas português, espanhol e inglês. O profissional farmacêutico inserido em uma equipe multidisciplinar atua diretamente no combate e prevenção da anemia ferropriva, através de ações de educação em saúde, atenção farmacêutica, aconselhamentos e realização de diagnósticos, por meio de técnicas e resultados laboratoriais eficazes.

Palavras-chave: Anemia Ferropriva, Deficiência de Ferro, Crianças, Gestantes.

FONTE: <<http://www.faculdadedofuturo.edu.br/revista1/index.php/remas/article/view/239/354>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

RESUMO DO TÓPICO 3

Neste tópico, você aprendeu que:

- É importante portar um olhar ampliado sobre os micronutrientes e suas especificidades no organismo humano, fazendo a reflexão de que os alimentos em sua variedade possuem os nutrientes em quantidades equilibradas para a homeostase.
- Os minerais apresentam diferentes funções, e a especificidade de participação no equilíbrio hidroeletrolítico e hidratação do corpo humano destacam a essencialidade para a vida, sendo que o consumo das quantidades adequadas de cada um deles é facilmente atingido considerando a presença em diferentes grupos alimentares.
- Cereais integrais fornecem magnésio, frutas, hortaliças e leguminosas também, além do potássio. Leite e derivados nos fornecem cálcio e fósforo, bem como as carnes oferecem fósforo e enxofre (unido à proteína), estando o sódio e o cloreto presente na maioria dos alimentos.



Ficou alguma dúvida? Construímos uma trilha de aprendizagem pensando em facilitar sua compreensão. Acesse o QR Code, que levará ao AVA, e veja as novidades que preparamos para seu estudo.





- 1 Um nutricionista em uma unidade de saúde, ao atender uma menina de 13 anos de idade com excesso de peso (percentil 90), por meio da história alimentar relatada pela mãe, observou hábitos alimentares sugestivos de uma inadequada ingestão de micronutrientes pela adolescente. Para essa situação hipotética, uma orientação dietética eficiente deverá contemplar:
- I- O consumo de frutas e hortaliças (principalmente verde escuras), sementes e oleaginosas como gergelim e feijão, além da sardinha e da soja e seus derivados (melhor na forma fermentada) para garantir-se a ingestão de cálcio, de forma a promover a adequada formação dos ossos e dentes.
 - II- O estímulo ao consumo de alimentos fonte de Vitamina A, uma vez que, na deficiência dessa vitamina, verifica-se menor mobilização dos estoques de cobre, o que compromete o sistema digestivo.
 - III- A ingestão adequada de zinco e proteína animal, necessários ao crescimento e formação da massa muscular.
 - IV- A inclusão de alimentos fonte de ferro heme e de ferro não-heme, associando ao consumo de alimentos ricos em ácido ascórbico, em uma mesma refeição.

Estão CORRETOS apenas os itens:

- a) () Todas estão corretas.
- b) () I e IV.
- c) () II e III.
- d) () I, III e IV.
- e) () II, III e IV.

2 A ingestão de níveis apropriados de cálcio é fundamental para a manutenção da saúde. Acerca desse mineral, assinale a alternativa INCORRETA.

- a) () A ingestão de grande quantidade de sódio e proteínas pode aumentar a excreção de cálcio.
- b) () De modo geral, somente de 5 a 10% do cálcio alimentar é absorvido em indivíduos com estado nutricional adequado em relação ao cálcio.
- c) () A ingestão de fibras como oligossacarídeos aumenta a absorção de cálcio no intestino, uma vez que leva à acidificação do intestino mediada por bactérias intestinais.
- d) () O inibidor mais potente da absorção de cálcio é o ácido oxálico, presente no espinafre, batata doce e feijão.
- e) () A quantidade de cálcio ingerida é mais importante que a biodisponibilidade em si, pois o mecanismo de absorção desse mineral modifica conforme a quantidade presente na alimentação.

3 Com relação às funções das vitaminas e minerais, relacione as colunas a seguir:

(A) Vitamina D	() Formação e manutenção da estrutura de ossos e dentes.
(B) Potássio, Sódio, Cloro	() Contração muscular.
(C) Cálcio, Fósforo, Flúor	() Função hormônio esteroide, estrutura óssea
(E) Cálcio, Potássio, Magnésio	() Manutenção do equilíbrio hídrico.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, C. L. *et al.* Zinc absorption from a low-phytic acid maize. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 3, p. 556-559, 2002.
- ALVARENGA, M. S.; FIGUEIREDO, M.; TIMERMAN, F. A. C. **Nutrição comportamental**. Barueri, São Paulo: Manole. 2015.
- AMABIS; MARTHO. **Conceitos de Biologia**. v. 2. São Paulo: Editora Moderna, 2001.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, Washington, DC, v. 3, n. 46, p. 112-126, 2001.
- ANDERSON, J. W. *et al.* Health benefits of dietary fiber. **Nutrition Review**, Lexington, KY v. 4, n. 67, p. 188-205, 2009.
- BELITZ, H. D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. Amino acids, peptides, proteins. **Food Chemistry**. Berlin: Springer-Verlag, 3. ed. p. 8-88., 2004. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-07279-0_2. Acesso em: 12 dez. 2019.
- BERTOLINI, A. C. **Starches: characterization, properties and applications**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2010.
- BHATTACHARYA S. *et al.* Molecular mechanism of insulin resistance. **Publ Med.gov**, Bethesda MD, v. 2, n. 32, p. 405-413, 2007. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17435330>. Acesso em: 12 dez. 2019.
- BLACK, R. E. *et al.* Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 3, p. 675-680, 2002.
- BOHMER, H.; MULLER, H.; RESCH, K. L. Calcium supplementation with calcium-rich mineral Waters: A systematic review and meta-analysis of its bioavailability. **Osteoporosis International Journal**, v. 11, p. 938-943, 2000.
- BOOTH, S. L. *et al.* Vitamin K intake and bone mineral density in woman and men. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 2, p. 512-516, 2003.
- BRAND-MILLER, J. C. *et al.* Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1000 foods. **The American Journal of Clinical Nutrition**. Bethesda MD, v. 1, n. 89, p. 97-105, jan. 2009.

BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 596, de 8 de abril de 2004**. Instituir Grupo Técnico Assessor com a finalidade de proceder análise da Estratégia Global sobre Alimentação, Atividade Física e Saúde, da Organização Mundial da Saúde e, em caráter consultivo, fornecer subsídios e recomendar ao Ministério da Saúde posição a ser adotada frente ao tema. Diário Oficial da União, Brasília, nº 69, p. 25, 12 abr. 2004. Seção 2.

BROOKS, G. A. Metabolism of proteins and amino acids. *In*: BROOKS, G. A. *et al. Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. California: Mayfield Publishing Company, 2000. p.144-64.

BROUWER, I. A.; WANDERS, A. J.; KATAN, M. B. Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans – a quantitative review. **Plos One**, v. 3, n. 5, p. e9434, mar. 2010.

CALVO, M. S.; WHITING, J. Prevalence of vitamin D insufficiency in Canada and the United States: Importance to health status and dietary supplement use. **Nutrition Reviews**, v. 61, n.3, p. 107-113, 2003.
Chemistry. Berlin: Springer-Verlag, 3. ed. p. 8-88., 2004. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-07279-0_2. Acesso em: 12 dez. 2019.

CHOOSEMYPLATE (USDA). **Dietary Guidelines**. U.S.: Department of agriculture, 2011.

CHUNG, S. L.; FERRIER, L. K. Partial lipid extraction of egg yolk powder: effects on emulsifying properties and soluble protein fraction. **Journal of Food Science**, Ontario CA v. 5, n. 56, p. 1255-8, 1991.

CLAGETT-DAME, M.; DELUCA, H. F. The role of vitamin A in mammalian reproduction and embryonic development. **Annual Review of Nutrition**, v. 22, p. 347-81, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS. **Guidelines on nutrition labelling**, FAO, Rome, 2010.

CONSELHO REGIONAL DE NUTRICIONISTA (CRN) 1. **Pirâmide alimentar é substituída por prato nos EUA**, 2011. Disponível em: <http://www.crn1.org.br/piramide-alimentar-e-substituida-por-prato-nos-eua/>. Acesso em: 15 abr. 2019.

COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição: nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueri, SP: Manole, 2013.

- COZZOLINO, S. M. F. **Recomendações de Nutrientes**. Força-tarefa alimentos fortificados e suplementos. Comitê de Nutrição: ILSI Brasil, 2009.
- CUMMINGS, J. H.; MACFARLANE, G. T. Gastrointestinal effects of prebiotics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 2, n. 87, p. S145-51, maio 2002.
- CUMMINGS, J. H.; STEPHEN, A. M. Carbohydrate terminology and classification. *European Journal of Clinical Nutrition*, v.1, n. 61, p. S5-18, 2007. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/1602936>. Acesso em: 12 dez. 2019.
- DAKSHINAMURTI, K. Biotin--a regulator of gene expression. **The journal of Nutrition Biochemistry**, v. 7, n. 16, p. 419-423, 2005.
- DENISOVA, N. A.; BOOTH, S. L. Vitamin K and sphingolipid metabolism: evidence to date. **Nutrition Reviews**, v. 63, n. 4, p. 111, 2005.
- DEVLIN, T. M. **Textbook of biochemistry: with clinical correlations**. 5.ed. New York: Wiley-Liss, 2002.
- DRISCOLL, D. M.; COPELAND, P. R. Mechanism and regulation of selenoprotein synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v. 23, n. 1, p. 17-40, 2003.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Food energy - methods of analysis and conversion factors: report of a technical workshop. **FAO Food and Nutrition Paper**, Rome, v. 77, 2002.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO expert consultation. **FAO Food Nutrition Paper**, Rome, v. 66, p. 1-140, 1997.
- FAO; WHO. **Energy and protein requirements**: WHO technical report series 724. Geneva: World Health Organization, 1996.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. Expert Consultation. Protein quality evaluation. **FAO Food and Nutrition Paper 51**. Rome, 1990.
- FAO/WHO/UNU. **Energy and protein requirements**. Geneva: World Health Organization, 1985.
- FREITAS, M. C.; CESCHINI, F. L.; RAMALLO, B. T. Resistência à insulina associado à obesidade: Efeitos anti-inflamatórios do exercício físico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 3, n. 22, p. 139-147, 2014.
- FRENHANI, P. B.; BURINI, R. C. Mecanismos de ação e controle da digestão de proteínas e peptídeos em humanos. **Arquivo Gastroenterologia**, Campinas, v. 3, n. 36, p. 139-147, 1999.

- FRIEDMAN M. Nutritional value of proteins from different food sources. **Journal of Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 1, n. 44, p. 6-29, 1996.
- GIBNEY, M. J.; VORSTER, H. H.; KOK, F. J. **Introdução à nutrição humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- GOMES, H. M. S.; TEIXEIRA, E. M. B. **Pirâmide alimentar**: guia para alimentação saudável. Boletim Técnico Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Uberaba-MG, v. 2, n. 3, p.10-15, set./dez., 2016.
- GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; GROFF, J. L. **Nutrição avançada e metabolismo humano**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- HARA, C. M.; HORITA, A. C.; ESCANHUELA, M. F. **A Influência do marketing no consumo dos produtos light e diet**. São Paulo: Alínea, 2017.
- HEANEY, R. P. *et al.* Human serum 25-hydroxycholecalciferol response to extended oral dosing with cholecalciferol. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 1, p. 204-210, 2003.
- IOM. **Dietary Reference Intakes: Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids**. Washington, D.C., National Academies Press, 2005.
- JACQMAIN, M. *et al.* Calcium intake, body composition, and lipoprotein-lipid concentrations. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 6, p. 1448-1452, 2003.
- JACQUES, P. F. *et al.* Long-term nutrient intake and 5-year change in nuclear lens opacities. **Arch Ophthalmol**, v. 123, p. 517, 2005.
- JOHNSON, L. R. Digestion and absorption. *In*: JOHNSON L. R. **Gastrointestinal physiology**. 6. ed. St. Louis: A Harcourt Health Sciences Company, 2001. p.119-41.
- JOHNSTON, C. S. Uncle Sam's Diet Sensation: MyPyramid – An Overview and Commentary. **Medscape General Medicine**, v. 7, n. 3, p. 78, 2005.
- JOHNSTON, C. S.; BOWLING, D. L. Stability of ascorbic acid in commercially available orange juices. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 102, n. 4, p. 525-529, 2002.
- KALKWARF, H. J.; KHOURY, J. C.; LANPHEAR, B. P. Milk intake during childhood and adolescence, adult bone density, and osteoporotic fractures in US women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, p. 257-265, 2003.
- LAIDLAW, S. A.; KOPPLE, J. D. Newer concepts of the indispensable amino acids. **The American Journal of clinical Nutrition**, Oxford, n. 4, v. 46, p.

593-605, 1997.

LOUWMAN, M. W. J. *et al.* Signs of impaired cognitive function in adolescents with marginal cobalamin status. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, p. 762-769, 2000.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MALIK, S.; KASHYAP, M. L. Niacin, lipids, and heart disease. **Current Cardiology Report**, v. 5, n. 6, p. 470, 2003.

MANCINI-FILHO, J.; TAKEMOTO, E.; AUED-PIMENTEL, S. Parâmetros de identidade e qualidade de óleos e gorduras. *In*: ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PENTEADO, M. D. V. C. **Vigilância sanitária: tópicos sobre legislação de alimentos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p.81-107.

MARCHIONI, D.; SLATER, B.; FISBERG, R. M. Estimando a prevalência da ingestão inadequada de nutrientes. **Revista Saúde Pública**, v. 38, n. 4, p. 599-605, 2004.

MARTINS, C. **Composição Corporal e Função Muscular**. Curitiba: Instituto Cristina Martins, 2009.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Consensus Study Report. **Dietary Reference Intakes for Sodium and Potassium**. Washington, D.C.: National Academic Press, 2019.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Dietary Reference intake, for energy carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Washington D.C.: National Academic Press; 2002.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5.ed. New York: W.H. Freeman, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. E. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998.

OLIVEIRA, J. E. P. de; MONTENEGRO JUNIOR, R. M.; VENCIO, S. (Org.). **Diretrizes da sociedade brasileira de diabetes 2017-2018**. São Paulo: Editora Clannad, 2017.

- PALERMO, J. R. **Bioquímica da Nutrição**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2014.
- PAPAS, A. M. Beyond α -tocopherol: the role of the other tocopherols and tocotrienols, in MESKIN, M. S. *et al.* **Phytochemicals in Nutrition and Health**. Boca Raton: CRC Press, 2002. p. 61-70.
- PERES, J. **Comer bem, comer mal**. 2018. Disponível em: <https://outraspalavras.net/ojoioeotriço/2018/08/apos-26-anos-de-trabalho-piramide-dos-alimentos-nao-quer-se-aposentar/>. Acesso em: 10 set. 2019.
- PHILIPPI, S. T. **Virtual Nutri Plus-Web** (programa de computador), 2013.
- PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos**: fundamentos básicos da nutrição. 3. ed. Barueri: Manole. 2008.
- PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica e dietética**. 2. ed. São Paulo: Manole. 2006.
- PHILIPPI, S. T.; SZARFARC, S. C.; LATTERZA, A. R. **Virtual Nutri (software) versão 1.0 for Windows**. São Paulo: Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1996.
- POWERS, H. J. Riboflavin (vitamin B-2) and health. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 77, n. 6, p. 1352-1360, 2003.
- RAMAKRISHNAN, U.; KUKLINA, E.; STEIN, A. D. Iron stores and cardiovascular disease risk factors in women of reproductive age in the United States. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 6, p. 1256-60, 2002.
- RASMUSSEN, B. B.; PHILLIPS, S. M. Contractile and nutritional regulation of human muscle growth. **Exercise and Sport Science Review**, USA, v. 3, n. 31, p. 127-131, 2003.
- REYED, M. R. The role of bifidobacteria in health. **Research Journal of Medical Sciences**, Dubai, v. 1, n. 2, p. 14-24, 2007.
- ROBERFROID, M. *et al.* Probiotic effects: metabolic and health benefits. **British Journal Nutritional**, Cambridge, v. 2, n. 104, p. S1-63, 2010.
- SABATIER, M. *et al.* Meal effect on magnesium bioavailability from mineral water in healthy women. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 1, p. 65-71, 2002.
- SACKS, F. M. *et al.* Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. **New England Journal of medicine**, v. 344, n. 1, p. 3-20, 2001.

SAUVANT, M. P.; PEPIN, D. Geographic variation of the mortality from cardiovascular disease and drinking water in a French small area. **Environmental Research**, v. 84, n. 3, p. 219-227, 2000.

SHILLS, M. E. *et al.* **Nutrição moderna na saúde e na doença**. 10. ed. Barueri: Manole, 2009.

SLAVIN, J. L. Whole grains and digestive health. **Cereal Chemistry**, St Paul, v. 4, n. 87, p. 292-296, 2010.

TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, London, v. 1, n. 30, p. 1-22, 1991.

TUNGLAND, B. C.; MAYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 3, n.1, p. 73-92, 2002.

VAN DEN BRIEL, T. *et al.* Improved iodine status is associated with improved mental performance of schoolchildren in Benin. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 5, p. 1179-85, 2000.

WARDLAW, G. M.; HAMPL, J. S.; DISILVESTRO, R. A. **Perspectives in nutrition**. 6. ed. Boston: McGraw-Hill, 2009.

WHITNEY, E.; ROLFES, S. R. **Nutrição 1: entendendo os nutrientes**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

WOLF, G. The enzymatic cleavage of α -caroteno: end of a controversy. **Nutrition Reviews**, v. 59, n. 4, p. 116-18, 2001.