Julio Tirapegui

Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física

3ª Edição













Atheneu


SAL
SERVIÇO DE ATENDIMENTO AO LEITOR
Tel.: 08000267753
www.atheneu.com.br
(21) 99165-6798 Facebook.com/editoraatheneu Twitter.com/editoraatheneu Youtube.com/atheneueditora

Nutrição, Metabolismo e Suplementação na Atividade Física

3ª Edição

Julio Tirapegui

Atheneu
Rio de Janeiro • São Paulo
2021

EDITORA ATHENEU

São Paulo — Rua Avanhandava, 126 – 8º andar
Tel.: (11)2858-8750
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

Rio de Janeiro — Rua Bambina, 74
Tel.: (21)3094-1295
E-mail: atheneu@atheneu.com.br

PRODUÇÃO EDITORIAL/CAPA: Equipe Atheneu
DIAGRAMAÇÃO: Know-How Editorial

CIP-BRASIL. Catalogação na Publicação
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

T512n
3. ed.

Tirapegui, Julio
Nutrição, metabolismo e suplementação na atividade física / Julio Tirapegui. – 3. ed. – Rio de Janeiro : Atheneu, 2021.

Inclui bibliografia e índice
ISBN 978-85-388-1079-7

1. Exercícios físicos – Aspectos fisiológicos. 2. Atletas – Nutrição. I. Título.

20-63357 CDD: 613.71
CDU: 613.71

Leandra Felix da Cruz Candido – Bibliotecária – CRB-7/6135

05/03/2021 12/03/2021

© Direitos reservados à EDITORA ATHENEU – Rio de Janeiro, São Paulo, 2021.

Parte I



Nutrição no Esporte

1



Introdução à Nutrição e à Atividade Física

• Audrey Yule Coqueiro • Renata Rebello Mendes • Julio Tirapegui

Introdução

A relação da alimentação com o bem-estar físico e o pleno desenvolvimento mental e emocional é conhecida desde a antiguidade. Tal conhecimento tornou-se público por meio de Hipócrates, que escreveu sobre a higiene, o repouso e a boa alimentação.

Nos séculos XVIII e XIX, foram realizados diversos estudos sobre a fisiologia e o metabolismo do corpo humano, sendo que os processos de combustão de alimentos e respiração celular começaram a ser desvendados em 1770, por Antoine Lavoisier e seus seguidores. A correlação entre esses processos foi essencial para despertar a curiosidade da comunidade científica da época sobre o tema alimentação. No período de 1857 a 1890, Louis Pasteur contribuiu com diversas descobertas sobre microbiologia de alimentos, confirmando a necessidade do estudo dos alimentos de modo mais abrangente.

Em 1919, Francis Benedict e James Harris constataram que, à medida que as pessoas sobrevivem com escassez de alimento, seus processos fisiológicos modificam-se de modo a conservar apenas a energia básica para a sobrevida. Logo, suas superfícies tornam-se menores e mais frias, o pulso, mais lento, e a atividade física espontânea, diminuída. Além disso, as características sexuais secundárias desaparecem e a personalidade se altera, demonstrando a importância da nutrição para a saúde física e mental, e qualidade de vida.

Em 1937, Pedro Escudero, um médico argentino, introduziu o estudo da alimentação e da nutrição nas escolas de medicina de seu país, como uma nova visão da clínica médica. Com essa inovação, Escudero pôde divulgar as leis da alimentação, por ele estabelecidas, aos profissionais que coordenavam as equipes de saúde, e romper com o empirismo que, até então, cercava o tema da nutrição.

Inicialmente, o principal problema de saúde pública estudado pelos profissionais de nutrição era a desnutrição, que se tornou um dos temas mais discutidos na década de 1980. Porém, com o estilo de vida moderno, grandes alterações foram observadas no comportamento humano, incluindo os hábitos alimentares. A necessidade de refeições mais práticas e rápidas e as facilidades da vida regrada à tecnologia tornaram a população cada vez mais suscetível à obesidade e demais doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Essa mudança drástica – caracterizada pela prevalência de desnutrição, seguida pela prevalência de obesidade – foi denominada transição nutricional (Tardido & Falcão, 2006).

Nesse cenário, a comunidade científica do mundo todo passou a se dedicar arduamente a estudos relacionados à ingestão excessiva de gordura saturada e açúcares e seu impacto na saúde humana. Com o avanço das pesquisas, a tendência dos estudos foi-se especificando cada vez mais; se no início se estudava principalmente o metabolismo dos macronutrientes de maneira generalizada, com o passar dos anos os estudos tornaram-se mais minuciosos, surgindo, então, os conceitos sobre tipos de lipídios, carboidratos, aminoácidos e micronutrientes.

A preocupação com a redução do risco de doenças associadas à nutrição, bem como com o atendimento das necessidades nutricionais nas mais diversas situações, como para atletas e praticantes de atividade física, contribuíram essencialmente para a ampliação dos temas de estudo da nutrição. Nunca se falou tanto em suplementação nutricional, micronutrientes antioxidantes, compostos ergogênicos e muitos outros como nos últimos anos. O volume de trabalhos científicos sobre nutrição, em especial sobre nutrição esportiva, disponível na literatura mundial cresce de modo acentuado, o que demonstra a importância dessa ciência na qualidade de vida da população.

Introdução à nutrição e conceitos

Muito se discute sobre nutrição, mas, em algumas situações, os termos associados a essa ciência não são devidamente esclarecidos. Assim, os termos "alimentos", "nutrientes", "nutrientes indispensáveis" e "nutrição" são conceituados na Tabela 1.1.

A alimentação não deve ser vista somente como um hábito essencial para a sobrevivência, devendo, também, ser relacionada com o prazer e questões sociais, respeitando o fato de que cada indivíduo tem suas próprias preferências e hábitos alimentares. Nesse contexto, é possível compreender a alimentação como um componente fundamental da boa qualidade de vida, juntamente com a prática de exercícios físicos e a ausência de vícios, como tabagismo e etilismo. De modo geral, considerações nutricionais básicas se referem à manutenção de um peso corporal saudável, evitando a desnutrição e o sobrepeso/obesidade, e a ingestão adequada de todos os nutrientes, incluindo o consumo moderado de sódio, ácidos graxos saturados e açúcar refinado.

Todos os alimentos podem fazer parte de uma dieta saudável. Do ponto de vista nutricional, um alimento não pode ser classificado apenas como bom ou ruim. O mais importante é que esse alimento se combine com outros para satisfazer as necessidades de energia e nutrientes do indivíduo. Recomenda-se a ingestão diária de uma ampla variedade de alimentos, como cereais, leguminosas e vegetais, que devem ter seu consumo distribuído no transcorrer do dia. Logo, não é recomendável que as necessidades nutricionais diárias sejam atendidas por meio de apenas uma ou duas refeições, devendo-se aumentar o fracionamento das refeições e, por consequência, do volume de alimentos ingeridos durante o dia.

Como dito anteriormente, os alimentos fornecem os nutrientes necessários para que o organismo se forme, mantenha-se e seja mais resistente às enfermidades. Os nutrientes são classificados em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são as proteínas, os carboidratos e os lipídios. São ingeridos em grandes quantidades e, por serem estruturas grandes, precisam ser quebrados em unidades menores para serem absorvidos pelo organismo. Ao serem transformados em compostos menores, fornecem energia ao organismo por meio de processos bioquímicos complexos, que juntos são denominados metabolismo. A ingestão energética deve satisfazer o gasto de energia do organismo, sendo que o desequilíbrio entre essas variáveis culmina em alterações metabólicas importantes, que ocorrem tanto na ingestão energética insuficiente como na ingestão energética excessiva. Para melhor compreensão desses processos, os conceitos de caloria, quilocaloria, joule, gasto energético basal, total e em repouso e metabolismo são apresentados na Tabela 1.2.

Diferentemente dos macronutrientes, os micronutrientes, que incluem as vitaminas e os minerais, não fornecem energia. Entretanto, desempenham papéis-chave durante o metabolismo dos macronutrientes. Além disso, os micronutrientes estão envolvidos em todos os tipos de reações bioquímicas que ocorrem no organismo, sendo fundamentais para os processos de crescimento, desenvolvimento e funcionamento adequado do organismo humano. São necessários em pequenas quantidades e, em geral, são absorvidos no intestino sem sofrer alteração.

Tabela 1.1. Definição de termos associados à ciência da nutrição.

Termo	Definição
Alimentos	Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a palavra alimento é definida como: "toda substância ou mistura de substâncias, no estado sólido, líquido, pastoso ou qualquer outra forma adequada, destinada a fornecer ao organismo humano os elementos normais, essenciais à sua formação, manutenção e desenvolvimento" (ANVISA, 1969). Simplificando, são produtos de origem animal, vegetal ou sintética, normalmente ingeridos por via oral, com o intuito de nutrir o organismo humano, para que seja possível a realização de atividades básicas, como andar, pensar, respirar, dormir, entre outras (Tirapegui, 2013).
Nutrientes	São as unidades básicas e estruturais que compõem os alimentos, sendo considerados como os elementos responsáveis pela realização de todos os processos bioquímicos e fisiológicos do organismo, promovendo saúde.
Nutrientes indispensáveis	Aqueles que não são sintetizados pelo organismo humano e que, por isso, devem ser obtidos por meio da alimentação, como ácidos graxos linoleico (ômega-6) e linolênico (ômega-3), vitaminas, minerais e alguns aminoácidos, por exemplo: os aminoácidos de cadeia ramificada (ACR) – leucina, isoleucina e valina.
Nutrição	Estudo dos alimentos e dos mecanismos pelos quais o organismo ingere, assimila e utiliza os nutrientes que fornecem a energia necessária para mantê-lo vivo.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Tabela 1.2. Conceito de termos associados ao consumo e gasto energético.

Termo	Definição
Caloria	Quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 mL de água, de uma temperatura padrão inicial, a 1°C.
Quilocaloria	São 1.000 calorias. Porém, na maioria das vezes, as informações nutricionais presentes em rótulos de embalagem simplificam tal termo para "caloria", o que gera certa confusão.
Joule	Medida de energia em termos de trabalho mecânico. Uma quilocaloria é equivalente a 4.184 joules.
Gasto energético basal	Quantidade de energia utilizada em 24 horas por uma pessoa completamente em repouso, 12 horas após uma refeição, em temperatura e ambiente confortáveis.
Gasto energético em repouso	Quantidade de energia utilizada em 24 horas por uma pessoa completamente em repouso, 3 a 4 horas após uma refeição, em temperatura e ambiente confortáveis.
Gasto energético total	Somatória do gasto energético em repouso, energia gasta em atividades físicas e o efeito térmico dos alimentos em 24 horas.
Metabolismo: Conjunto de reações químicas responsáveis pelos processos de síntese e degradação dos nutrientes na célula. Divide-se em anabolismo e catabolismo. Anabolismo é a síntese de compostos grandes a partir de unidades pequenas (p. ex., a formação de proteínas a partir dos aminoácidos). Em geral, essas reações são endergônicas, ou seja, requerem energia. Catabolismo é a degradação de compostos grandes em unidades pequenas (p. ex., a quebra da proteína em suas unidades estruturais, que são os aminoácidos). Em geral, essas reações são exergônicas, ou seja, fornecem energia.	

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Os alimentos contêm nutrientes em quantidades variáveis, ou seja, alguns alimentos contêm maior quantidade de determinado nutriente e menor quantidade de outro, demonstrando a importância da combinação de alimentos. Um exemplo clássico da combinação de alimentos que se complementam, em relação a seu conteúdo de nutrientes, é o consumo conjunto de leguminosas e cereais, como arroz e feijão. As leguminosas são ricas em lisina, mas deficientes em metionina, e o contrário ocorre com os cereais (ricos em metionina e deficientes em lisina). Assim, a associação de leguminosas e cereais é uma estratégia para fornecer todos os aminoácidos indispensáveis ao organismo. Levando em consideração que cada nutriente desempenha uma função específica no organismo, a ingestão de uma dieta balanceada é capaz de fornecer uma variedade de nutrientes, contribuindo para a promoção da saúde.

Desde 1937, quando Pedro Escudero propôs as leis da alimentação – quantidade, qualidade, harmonia e adequação –, esses princípios são utilizados como respaldo para uma alimentação saudável (Figura 1.1). A lei da quantidade determina que a ingestão de alimentos deve ser suficiente para suprir as necessidades nutricionais do indivíduo, sendo o excesso e a restrição prejudiciais. A segunda lei indica a importância do consumo de alimentos de qualidade, ou seja, que não estejam estragados, crus, não maduros, entre outros, bem como a importância da ingestão de alimentos ricos em nutrientes indispensáveis. A lei da harmonia se refere ao equilíbrio na ingestão de nutrientes, evitando o excesso ou insuficiência de determinado macro ou micronutriente, evidenciando a importância da combinação de uma variedade de alimentos. Finalmente, a última lei, da adequação, faz menção ao fato de que a dieta deve ser individualizada, respeitando as características de cada paciente, como idade e sexo. Desse modo, fica claro que as necessidades nutricionais diferem entre crianças e idosos, por exemplo.



Figura 1.1. Leis da alimentação.
Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Recomendações nutricionais e alimentação balanceada

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), do valor energético total (VET) da dieta de um adulto, 55 a 75% devem ser provenientes de carboidratos, 15 a 30% de lipídios e 10 a 15% de proteínas (FAO/OMS, 2003). Já a Ingestão Dietética de Referência (*Dietary Reference Intakes* – DRIs) sugere que, para um adulto, a distribuição de macronutrientes seja de 45 a 65% do VET de carboidratos, 20 a 35% do VET de lipídios e 10 a 35% do VET de proteínas (DRIs, 2011). As principais fontes

de carboidrato são cereais, tubérculos e raízes, enquanto os alimentos de origem animal, como carnes, ovos e laticínios, fornecem relevantes quantidades de proteína e lipídios. Os óleos e as oleaginosas são, também, importantes fontes de lipídios.

Para que a população compreendesse melhor as recomendações de ingestão de macronutrientes, no ano de 1992 o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Departament of Agriculture – USDA) adotou a pirâmide alimentar como forma gráfica de distribuição dos alimentos (Figura 1.2). Diversos países utilizaram esse instrumento com a finalidade de educar sua população em relação à qualidade e à quantidade de alimentos a serem ingeridos.

A base da pirâmide é constituída por alimentos ricos em carboidratos. Originalmente, a pirâmide alimentar proposta pelos americanos sugeria o consumo de 6 a 11 porções desse grupo alimentar; porém, de acordo com a adaptação brasileira, sugeriu-se a ingestão de 5 a 9 porções desses alimentos. O segundo nível da pirâmide (de baixo para cima) representa os vegetais – frutas, legumes e verduras –, alimentos ricos em fibras, micronutrientes e água. Devido ao fato de os vegetais serem alimentos comuns na dieta e de fácil acesso à população brasileira, as porções originais da pirâmide norte-americana (2 a 4 porções de frutas e 3 a 5 porções de legumes e verduras) foram aumentadas para 3 a 5 porções no grupo das frutas e para 4 a 5 porções no grupo dos legumes e verduras.

No terceiro nível da pirâmide, constituído por alimentos proteicos, sugeriu-se o consumo de 2 a 3 porções de laticínios e 2 a 3 porções de carnes, ovos, feijões e oleaginosas. Entretanto, a adaptação brasileira recomendou o consumo de apenas 1 a 2 porções neste último (carnes e ovos). O topo da pirâmide representa os alimentos ricos em lipídios e açúcares, que devem ser consumidos com moderação. É por essa razão que permanecem no topo da pirâmide, onde o espaço é menor, sugerindo a ideia de moderação.

Em vista do fato de que diferentes populações divergem em relação a vários fatores, como hábitos alimentares e disponibilidade de alimentos, surgiu a necessidade de substituir a pirâmide alimentar por um instrumento que fosse mais viável e coerente para toda a população. Nesse cenário, em 2011 a USDA desenvolveu uma ferramenta denominada *My Plate* (Figura 1.3), que recomenda o consumo de vegetais (frutas, legumes e verduras), grãos, de preferência integrais, e alimentos proteicos considerados "saudáveis", ou seja, com menor teor de ácidos graxos saturados, incluindo uma pequena parcela de laticínios. Diferentemente da pirâmide alimentar, o *My Plate* é uma ferramenta qualitativa, ou seja, não são mencionados valores (porcentagens e/ou porções) de consumo de cada grupo alimentar.

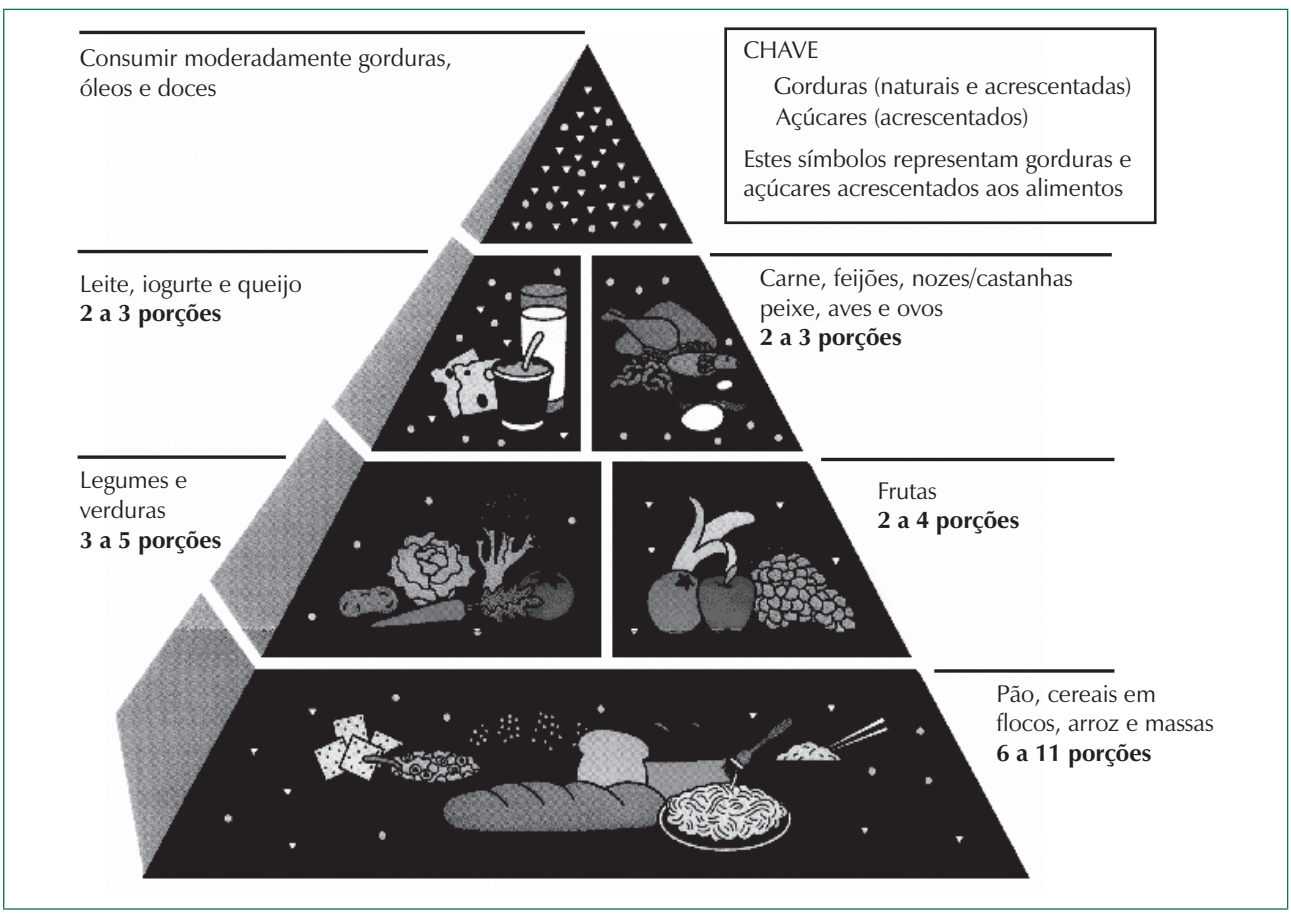

Figura 1.2. Pirâmide dos alimentos.
Fonte: Adaptada de USDA.

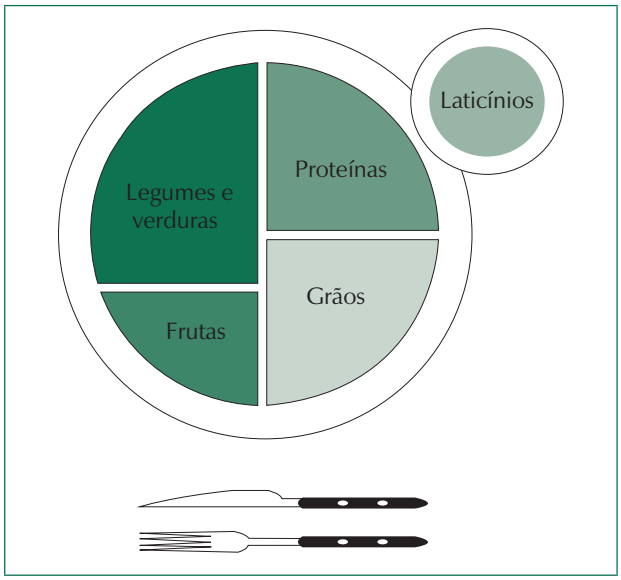

Figura 1.3. Recomendação de consumo de alimentos.
Fonte: Adaptada do My Plate.

Similarmente às recomendações contidas no *My Plate*, o mais recente Guia Alimentar para a População Brasileira, publicado em 2014, estimula a ingestão de alimentos *in natura* e minimamente processados, como vegetais, cereais, leguminosas e laticínios, e desencoraja o consumo de alimentos processados e ultraprocessados (enlatados, alimentos em conserva, em calda, cristalizados, guloseimas, salgadinhos "de pacote", entre outros), bem como o excesso de ingestão de óleo, sal e açúcar.

Tabela 1.3. Dez passos para uma alimentação adequada e saudável.

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

Fonte: Adaptada do Guia Alimentar para a População Brasileira, 2014.

O novo guia alimentar também leva em consideração a cultura e os costumes de diversas regiões do Brasil, sugerindo uma extensa variedade de opções de cardápio, como um desjejum contendo leite, cuscuz, ovo de galinha e banana. O documento ainda fornece dicas para manter uma dieta equilibrada, denominadas "dez passos para uma alimentação adequada e saudável" (Tabela 1.3).

Introdução à atividade física e alimentação do atleta

Tal como na ciência da nutrição, os conceitos de alguns dos termos mencionados no âmbito esportivo nem sempre são adequadamente esclarecidos, o que gera confusão e, por vezes, uma abordagem equivocada. Portanto, as definições dos termos "atividade física", "exercício físico", "treinamento físico" e "esporte" são apresentadas na Tabela 1.4.

Tabela 1.4. Definição de termos frequentemente abordados no âmbito esportivo.

Termo	Definição
Atividade física	Qualquer movimento corporal que culmine em uma contração muscular e, por consequência, em gasto energético.
Exercício físico	Toda atividade física planejada, estruturada e repetitiva com o objetivo de melhorar ou manter um ou mais componentes da aptidão física.
Treinamento físico	Série de exercícios físicos planejados e estruturados com o intuito de desenvolver habilidades específicas, melhorando ou mantendo um ou mais componentes da aptidão física.
Esporte	Sistema ordenado de práticas corporais, relativamente complexas, que envolvem atividades de competição institucionalmente regulamentada. Esse sistema se fundamenta na superação de competidores ou de marcas e/ou resultados anteriores estabelecidos pelo próprio atleta.

Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Em vista da elevada necessidade energética e de nutrientes decorrentes da prática de exercícios físicos exaustivos, a alimentação de um atleta é diferenciada quando comparada à de indivíduos sedentários. De modo geral, os atletas necessitam de um aporte glicídico maior que os não atletas, pois os carboidratos compõem o glicogênio muscular e hepático – importantes substratos energéticos utilizados durante o exercício. Pelo fato de os estoques musculares e hepáticos de glicogênio serem limitados, sua reposição deve ser feita de maneira constante, mesmo durante a atividade, para garantir um bom rendimento do atleta (Finsterer, 2012; Coqueiro et al., 2018).

A ingestão de proteínas pode variar de acordo com o tipo de esporte, sendo maior para atletas engajados em exercícios de força, comparados aos de *endurance*. Sugere-se que a ingestão de proteínas esteja próxima ao valor máximo da recomendação, para garantir sua propriedade plástica e favorecer o anabolismo proteico muscular (Panza et al., 2007). A proporção de lipídios pode diminuir em função do aumento da proporção de carboidratos; entretanto, cabe ressaltar que essas condutas nutricionais não são generalizadas, haja vista que cada esporte implica necessidades diferenciadas e cada momento do dia do atleta exigirá a predominância de determinado nutriente (Hernandez et al., 2009).

Não existem recomendações nutricionais de micronutrientes específicas para atletas, devendo-se utilizar as recomendações para indivíduos saudáveis estabelecidas pelas DRIs. Nesse sentido, ressalta-se a importância de garantir o aporte adequado de vitaminas e minerais antioxidantes, como as vitaminas A, C e E e os minerais selênio, zinco, cobre e magnésio, para atletas, visto que o exercício exaustivo aumenta a geração de espécies reativas de oxigênio, causando estresse oxidativo, que pode resultar em lesões oxidativas a estruturas celulares, como lipídios, proteínas e DNA (Coqueiro et al., 2017). Além disso, caso a proporção de carboidratos da dieta seja elevada, a ingestão de vitaminas do complexo B deve estar adequada, em vista da importância desses nutrientes como cofatores nas reações de geração de energia provenientes da degradação de carboidratos. Vale salientar que a suplementação só é necessária quando a dieta não é capaz de suprir as necessidades nutricionais do indivíduo.

Além da ingestão adequada de nutrientes, a hidratação do atleta é de suma importância para a manutenção da saúde e do desempenho físico. As estratégias para hidratação do atleta não consistem apenas no consumo de água, mas também na ingestão de bebidas esportivas ou energéticas que contenham eletrólitos e uma fonte de carboidrato. As recomendações nutricionais de macro e micronutrientes e as estratégias para hidratação do atleta serão abordadas em diversos capítulos deste livro.

Recomendações energéticas para atletas

As recomendações de ingestão energética para indivíduos sedentários ou que praticam atividade física moderada são insuficientes para atletas, cujo gasto energético pode ser até 4 vezes maior que o de um indivíduo sedentário ou moderadamente ativo. Uma das maneiras de determinar o gasto energético de um atleta é por meio do consumo de oxigênio em litros/minuto.

Sabe-se que cada litro de oxigênio consumido equivale a um gasto de aproximadamente 5 kcal, e, a partir de um teste espirométrico (análise de gases expirados), pode-se conhecer o volume de oxigênio consumido (VO_2) no repouso. Além disso, com o auxílio de um ergômetro (bicicleta ou esteira), pode-se medir esse consumo durante o exercício físico.

A relação entre CO_2 expirado e O_2 consumido resulta em valores que variam entre 0,7 e 1,0, sendo que para cada valor existe um correspondente exato das calorias gastas por litro de oxigênio e, ainda, o substrato energético oxidado predominantemente. Quanto mais próximo de 0,7, maior a contribuição dos lipídios na geração de energia; quanto mais próximo de 1,0, maior a participação dos carboidratos (Tabela 1.5). Essa relação é chamada de quociente respiratório, e seu conhecimento torna a determinação do gasto energético, assim como do substrato utilizado, mais fidedigna.

Existem outras maneiras de mensurar o gasto energético de um indivíduo, geralmente com base em fórmulas predefinidas, mas, como partem de uma estimativa, podem apresentar resultados menos confiáveis. Para sedentários ou indivíduos moderadamente ativos, o erro acumulado pela estimativa pode não afetar significativamente o delineamento alimentar a ser traçado, permitindo que o indivíduo atinja as metas desejadas mesmo sem maior precisão de cálculos. Para atletas, entretanto, essa precisão é relevante, levando em conta as diferentes modalidades esportivas e as necessidades específicas de cada uma delas. Quanto mais próxima das necessidades reais for a prescrição da dieta, maiores serão as chances de um melhor desempenho atlético.

Tabela 1.5. Equivalentes térmicos do oxigênio para o quociente respiratório não proteico, incluindo o percentual de calorias e gramas derivado de carboidratos e gorduras.

QR	Kcal/litro O_2	Carboidrato	Gordura	Carboidrato	Gordura
0,707	4,686	0	100	0	0,496
0,82	4,825	40,3	59,7	0,454	0,313
0,93	4,961	77,4	22,6	0,921	0,125
1,00	5,047	100	0	1,231	0

Fonte: McArdel, 1998.

Na impossibilidade de executar os testes mais acurados, as necessidades energéticas devem ser estimadas, sendo que a melhor maneira de fazer a estimativa é baseada no consumo de oxigênio. Para tal cálculo, utiliza-se o equivalente metabólico (MET), que equivale a um consumo de 3,5 mL de oxigênio/kg de peso corporal/minuto. O gasto energético avaliado em METs constitui o número de vezes pelo qual o metabolismo de repouso foi multiplicado durante uma atividade. Exemplificando: se um indivíduo pedala a 4 METs, entende-se que seu gasto de energia é 4 vezes superior ao que ocorre em repouso (Coelho-Ravagnani et al., 2013). Na Tabela 1.6, é apresentado o valor em METs de diversos exercícios.

Tabela 1.6. Valor em METs dependendo do tipo de exercício físico.

Esporte	METs
Basquete	6,0
Futsal	7,0
Handebol	8,0
Vôlei	4,0
Natação	7,0
Polo	10,0
Hidroginástica	4,0
Ginástica	4,0
Balé e jazz	4,8
Tênis	7,0
Ciclismo	8,0
Remo	7,0
Esqui	7,0
Musculação	3,0
Ioga	2,5
Alongamento	2,5

Fonte: Adaptada de Ainsworth et al., 2000.

A ingestão energética ainda pode ser baseada nas DRIs (*Recommended Dietary Allowances* – RDA), que estipulam a ingestão de calorias por quilo de peso de acordo com a idade, por exemplo: 19 a 24 anos = 40 kcal/kg de peso/dia ou 25 a 50 anos = 37 kcal/kg de peso/dia, somadas ao gasto de cada sessão de atividade física avaliado em METs. Exemplificando: um indivíduo com 20 anos e 70 kg, que pratica polo (10 METs) durante 30 minutos, teria a necessidade energética de:

$$40 \text{ kcal} \times 70 \text{ kg} = 2.800 \text{ kcal}$$
$$+$$
$$10 \text{ METs} \times 3{,}5 \text{ mL de } O_2 = 35 \text{ mL de } O_2$$
$$35 \text{ mL de } O_2 \times 70 \text{ kg} \times 30 \text{ min} = 73.500 \text{ mL de } O_2\text{/kg/min}$$
$$\textbf{1 litro de } \mathbf{O_2} \rightarrow \textbf{5 kcal}$$
$$73{,}5 \text{ L de } O_2\text{/kg/min} \times 5 \text{ kcal} = 367{,}5 \text{ kcal}$$
$$\text{Logo, } 2.800 \text{ kcal} + 367{,}5 \text{ kcal} = \textbf{3167,5 kcal/dia}$$

Sistemas energéticos durante o exercício físico

Para a execução da contração muscular, a energia é fornecida por meio da quebra das ligações fosfato da molécula de adenosina trifosfato (ATP). O estoque de ATP celular é de aproximadamente 8 mmol/L por quilo de músculo fresco, porém, mesmo exercícios exaustivos reduzem apenas 1 a 2 mmol/L dessa concentração, já que os níveis fisiológicos de ATP não devem ser reduzidos a valores inferiores a 5 mmol/L. Nesse cenário, três sistemas são destinados a promover energia durante o exercício físico: o sistema creatina-fosfato, a glicólise anaeróbia e o sistema oxidativo, sendo que os dois primeiros sistemas energéticos predominam durante o exercício resistido, enquanto o último sistema predomina durante o exercício aeróbio (Baker et al., 2010).

A primeira reação do sistema creatina-fosfato consiste na doação de fosfato da molécula de fosfocreatina (CrP) para a molécula de adenosina difosfato (ADP), promovendo ressíntese do ATP (Baker et al., 2010). A segunda reação ocorre entre duas moléculas de ADP e consiste na doação de fosfato de uma molécula a outra, a fim de ressintetizar o ATP. A reação resulta na síntese de adenosina monofosfato (AMP) (Korzeniewski et al., 2006). Essa molécula sofre ação da enzima adenosina monofosfato deaminase (AMPD), sendo o consumo de prótons (H^+) necessário a essa reação, e tendo como resultado a síntese de amônia (Figura 1.4) (Baker et al., 2010).

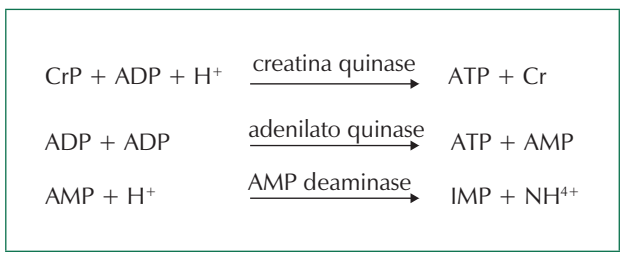

Figura 1.4. Sistema creatina fosfato.

CrP = fosfocreatina; ADP = adenosina difosfato; ATP = adenosina trifosfato; Cr = creatina; AMP = adenosina monofosfato; IMP = inosina monofosfato; NH_4^+ = amônia.

Fonte: Adaptada de Baker et al., 2010.

Posteriormente ao sistema creatina-fosfato, passa a vigorar o sistema glicolítico anaeróbio, no qual a glicose, derivada da glicemia e do glicogênio, é utilizada para a formação de piruvato, que é convertido em lactato pela enzima lactato desidrogenase (LDH). A síntese de lactato é proporcional ao trabalho muscular (Kaminsky et al., 2010; Wilkinson et al., 2010). A via glicolítica aeróbia (sistema oxidativo), que depende do ciclo de Krebs e da cadeia transportadora de elétrons, predomina em exercícios mais prolongados, que demandam maior quantidade de energia (Figura 1.5).

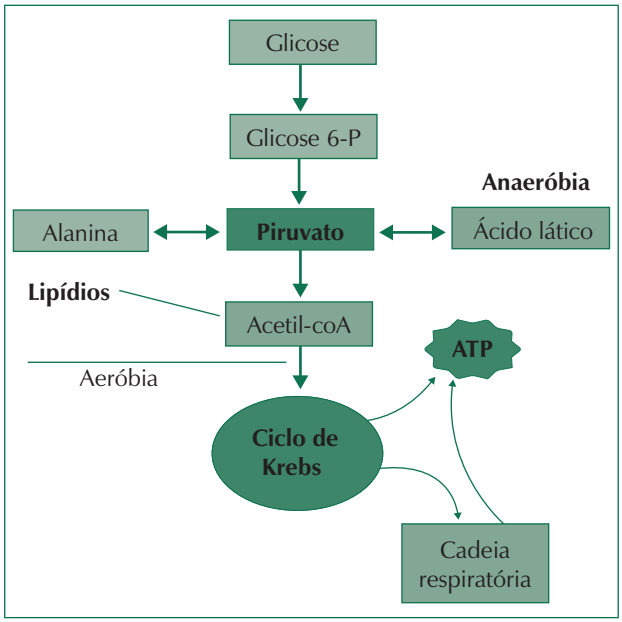

Figura 1.5. Glicólises aeróbia e anaeróbia.
Fonte: Desenvolvida pela autoria.

As vias anaeróbias (sistema creatina-fosfato e glicólise anaeróbia) recrutam predominantemente as fibras musculares do tipo II, denominadas também fibras brancas e glicolíticas, pois apresentam maior reserva de glicogênio e de CrP. As vias aeróbias (sistema oxidativo), por sua vez, recrutam predominantemente fibras do tipo I, também designadas como vermelhas e oxidativas, visto que possuem maior reserva de lipídios. Assim, as fibras musculares utilizadas durante os exercícios vão sendo alternadas de acordo com o tipo de metabolismo predominante e, dependendo da proporção de fibras musculares dos tipos I e II, estabelecidas geneticamente, que predispõe os indivíduos a terem melhor desempenho para uma modalidade esportiva do que para outras (Tabela 1.7).

A maior parte da dieta de um indivíduo, seja ele atleta ou não, deve ser composta por carboidratos. A necessidade por esse macronutriente aumenta conforme se eleva o volume e a frequência do treinamento físico. A ingestão de proteínas aumenta de modo absoluto, mas mantém a mesma proporção perante os demais nutrientes, enquanto a ingestão de lipídio diminui proporcionalmente em função da maior presença de carboidratos.

Na ausência de carboidrato, o organismo utiliza proteína para restabelecer seus estoques de glicogênio e fornecer energia aos tecidos. Entretanto, não há um estoque de proteínas no organismo; a maioria das proteínas está empregada em estruturas, ou seja, constituindo tecidos ou fazendo parte de enzimas, hormônios, entre outros. Logo, o uso de proteínas como fonte de energia pode gerar danos às estruturas celulares, afetando o funcionamento do organismo. Além da mobilização inapropriada de proteínas, ocorre a diminuição da mobilização de lipídios com fins energéticos, acentuando ainda mais a degradação proteica. É necessário o mínimo de carboidrato para que haja estímulo à lipólise e utilização de lipídios como fonte de energia no interior da célula muscular. Esse mecanismo pode ser observado na Figura 1.6.

Podemos dizer que a glicose é precursora tanto de acetil-CoA como de oxalacetato, a partir do piruvato; na sua ausência, os lipídios fornecem acetil-CoA, mas, se não houver oxalacetato nas mesmas proporções, não ocorre a condensação de ambos e, consequentemente, a formação de citrato. A diminuição da concentração de citrato reduz a atividade do ciclo de Krebs, que, por sua vez, é o maior responsável pela geração de ATP no processo oxidativo. Em contrapartida, a única maneira de o organismo manter as concentrações adequadas de oxalacetato é por meio das proteínas, visto que alguns aminoácidos também são precursores de oxalacetato. Contudo, a demanda de aminoácidos não equivale à de glicose na formação de oxalacetato, e este se mantém diminuído. Tal fato leva a um menor aproveitamento da acetil-CoA proveniente dos lipídios, provocando desaceleração da lipólise e desvio da acetil-CoA em excesso para a formação de corpos cetônicos. O aumento da circulação de corpos cetônicos implica maior toxicidade e pode comprometer a saúde e o desempenho do atleta. Portanto, a restrição drástica do consumo de carboidrato não é indicada, especialmente para atletas.

Considerações finais

As necessidades nutricionais de atletas são diferentes das necessidades de indivíduos sedentários ou pouco ativos, portanto o acompanhamento nutricional deve ser diferenciado para esse grupo populacional. Além disso, a conduta nutricional é influenciada pela modalidade esportiva, duração, frequência e intensidade do exercício, bem como por peculiaridades do atleta. De modo geral, sugere-se que a elaboração da dieta seja respaldada em princípios básicos da ciência da nutrição, como as leis da alimentação, devendo obedecer às recomendações nutricionais estabelecidas pelas DRIs e pela OMS.

Tabela 1.7. Características das fibras musculares.

Propriedades	Tipo I*	Tipo IIA	Tipo IIB**
Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Capacidade glicolítica	Baixa	Moderada	Alta
Capacidade oxidativa	Alta	Moderada	Baixa
Estoque de glicogênio	Moderado Alto	Moderado Alto	Moderado Alto
Estoque de triglicerídios	Alto	Moderado	Baixo
Capilaridade	Boa	Moderada	Pobre

*Fibras tipo I = atividade de longa duração e baixa intensidade; **Fibras Tipo IIB = atividade de curta duração e alta intensidade.
Fonte: Modificada de Saltin et al., 1977.

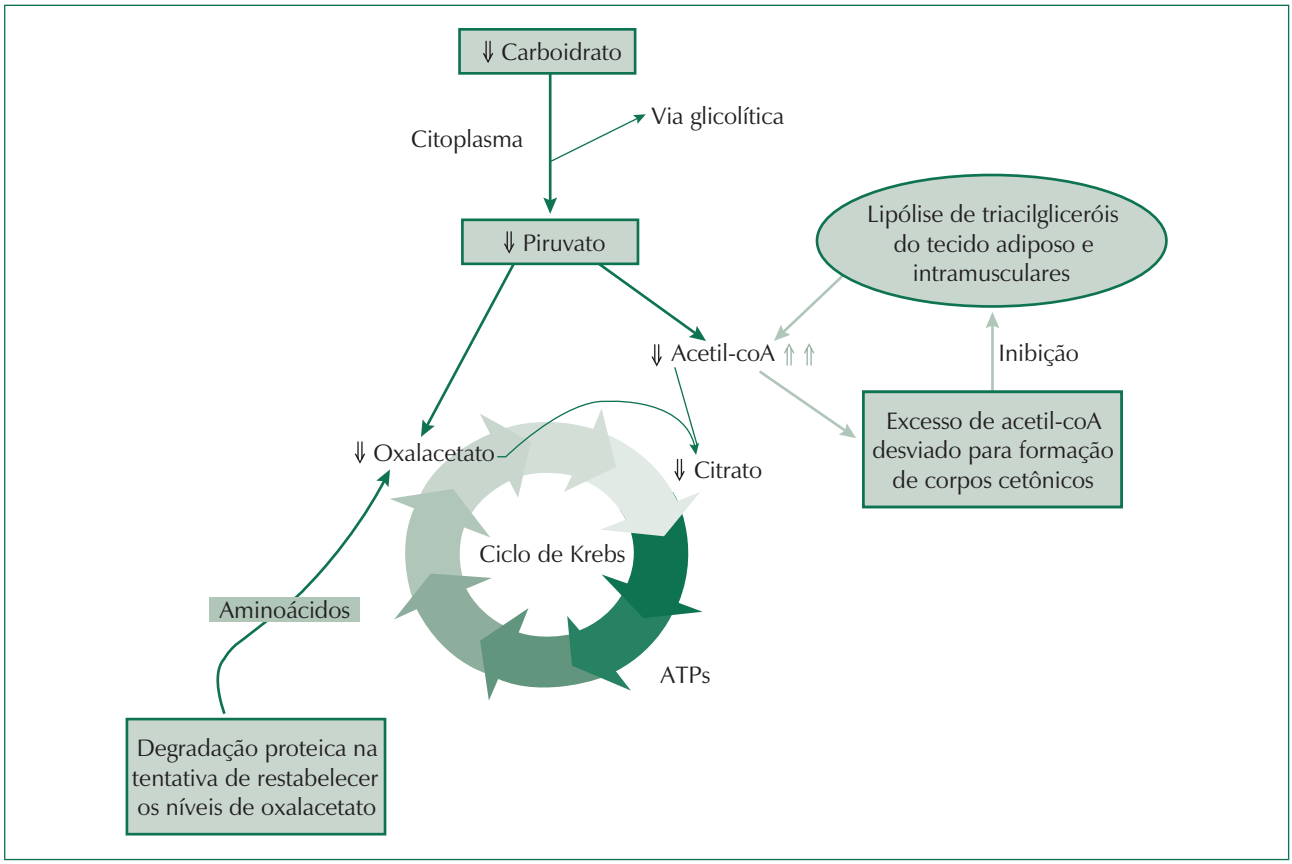

Figura 1.6. Metabolismos proteico e lipídico na restrição de carboidrato.
Fonte: Desenvolvida pela autoria.

Questões propostas para estudo

1. Defina os termos "alimentos", "nutrientes" e "nutrição".
2. O que são nutrientes indispensáveis?
3. Quais são as leis da alimentação propostas por Pedro Escudero? Explique cada uma delas.
4. Defina os termos "caloria", "quilocaloria", "gasto energético basal", "de repouso" e "total" e "metabolismo".
5. Comente sobre a pirâmide alimentar e a estratégia *My Plate*.
6. Quais são os dez passos, propostos pelo novo guia alimentar para a população brasileira, para a garantia de uma alimentação saudável?
7. Defina os termos "atividade física", "exercício físico", "treinamento físico" e "esporte".
8. Como é possível estimar o gasto e a necessidade energética de um atleta?
9. Defina MET e explique como essa ferramenta é utilizada.
10. Quais são os sistemas energéticos que vigoram durante o exercício físico? Explique cada um deles.
11. Quais os tipos de fibra muscular e suas características?
12. Por que a restrição de carboidratos não é aconselhada? Justifique com base no funcionamento do ciclo de Krebs.

Bibliografia consultada

- Ainsworth B, Haskell W, Whitt M, Irwin M, Swartz A, Strath S et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sport Exerc. 2000;32(9):498-504.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto-lei n. 986, de 21 de outubro de 1969, Brasil. 1969.
- Baker J, Mccormick M, Robergs R. Interaction among skeletal muscle metabolic energy systems during intense exercise. J Nutr Metab. 2010;2010:1-13.
- Coelho-Ravagnani C de F, Melo FCL, Ravagnani FCP, Burini FHP, Burini RC. Estimativa do equivalente metabólico (MET) de um protocolo de exercícios físicos baseada na calorimetria indireta. Rev Bras Med do Esporte [Internet]. 2013;19(2):134-8.
- Coqueiro A, Raizel R, Bonvini A, Hypólito T, Godois A, Pereira J et al. Effects of glutamine and alanine supplementation on central fatigue markers in rats submitted to resistance training. Nutrients. 2018;10(119).
- Coqueiro AY, Godois AM, Raizel R, Tirapegui J. Creatina como antioxidante em estados metabólicos envolvendo estresse oxidativo. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, v. 11, n. 64, p. 128-137, 2017.

- Cozzolino SMF, Cominetti C. Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição, nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença. São Paulo: Manole; 2013.
- Cozzolino SMF. Biodisponibilidade de nutrientes. SMF Cozzolino, ed. 3. ed. São Paulo: Manole; 2009.
- Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. Rev Bras Med Esp 2007;13:336-342.
- de Angelis RC, Tirapegui J. Fisiologia da nutrição humana: aspectos básicos, aplicados e funcionais. São Paulo: Atheneu; 2007. 565p.
- Dietary Reference Intakes (DRIs): Recommended Dietary Allowances and Adequate Intakes, Vitamins Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. Food Nutr Board. 2011;10-2.
- Finsterer J. Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. BMC Musculoskelet Disord 2012;13(1):218.
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO expert. Technical Report Series, 916. Geneva, 2003.
- Hernandez AJ, Nahas RM. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica; potenciais riscos para a saúde. Rev Bras Med do Esporte. 2009;15(3 Suppl.):3-12.
- Kaminsky Y, Kosenko E. AMP deaminase and adenosine deaminase activities in liver and brain regions in acute ammonia intoxication and subacute toxic hepatitis. Brain Res. 2010;1311:175-81.
- Korzeniewski B. AMP deamination delays muscle acidification during heavy exercise and hypoxia. J Biol Chem. 2006;281:3057-66.
- Mahan LK, Escott-Stump S. Krause's food, nutrition & diet therapy. 9th ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1996. 462p.
- Ministério da Saúde. Guia alimentar para a população brasileira, 2. ed., 2014.
- Panza VP, Coelho MSPH, Di Pietro PF, Assis MAA De, Vasconcelos FDAG De. Consumo alimentar de atletas: reflexões sobre recomendações nutricionais, hábitos alimentares e métodos para avaliação do gasto e consumo energéticos. Rev Nutr. 2007;20:681-92.
- Philipp ST, Latterza AR, Cruz ATR, Ribeiro LC. Pirâmide alimentar adaptada: guia para escolha dos alimentos. Rev Nutr PUCCamp 1999;12:65-71.
- Powers S, Howley E. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 8. ed. 2014., 649p.
- Ribeiro SML, Melo CM, Tirapegui, J. Avaliação do estado nutricional: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2018. 324p.
- Schilling M. Qualidade em nutrição: métodos de melhorias contínuas ao alcance de indivíduos e coletividades. São Paulo: Varela; 1995. 115p.
- Shils ME, Olson JA, Shike M. Modern nutrition in heath and disease. v. 1, Philadelphia: Lea & Febiger; 1994. 923p.
- Tardido AP, Falcão MC. O impacto da modernização na transição nutricional e obesidade. Rev Bras Nutr Clin, 21(2):117-24, 2006.
- Tirapegui J. Nutrição: Fundamentos e aspectos atuais. 3. ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 2013. 477p.
- Wilkinson DJ, Smeeton NJ, Watt PW. Ammonia metabolism, the brain and fatigue; Revisiting the link. Prog Neurobiol [Internet]. 2010;91(3):200-19.