

3 Proteínas e Aminoácidos

Marly Augusto Cardoso

HISTÓRICO

O primeiro aminoácido (asparagina) foi descoberto em 1806 após ser observado no aspargo, e o último (treonina) foi encontrado em 1938. O ácido glutâmico e a glicina são assim denominados em razão, respectivamente, à presença no glúten do trigo e ao sabor adocicado (do grego *glykos* = doce). Até o fim do século 19, a maioria dos estudos em Nutrição sobre proteínas ou energia era conduzida na Europa Ocidental. Acreditava-se que as proteínas ingeridas com os alimentos eram absorvidas praticamente intactas e modificadas no organismo humano, se necessário, para converter “fibrina” em “albumina”, por exemplo. A existência de uma substância (pepsina) secretada pelo estômago converteria proteínas em derivados solúveis durante o processo de digestão. Alguns anos depois, identificou-se que outra substância (tripsina; secretada pelo pâncreas) seria responsável com a pepsina pela degradação das proteínas.

Pesquisadores da Alemanha e da Dinamarca estudaram misturas de aminoácidos como substitutos das proteínas da dieta em experimentos com animais, observando que a proteína da carne tratada com pepsina e tripsina por longos períodos servia como substituto nutricional para cães adultos. Em 1902,

F. G. Hopkins e S. W. Cole, pesquisadores da University of Cambridge (Reino Unido), isolaram o aminoácido triptofano e demonstraram que sua destruição poderia ocorrer em condições de hidrólise ácida. Essas investigações contribuíram para novas linhas de pesquisa, desenvolvidas em várias partes do mundo no início do século 20.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Definição

A proteína é considerada o maior componente funcional e estrutural de todas as células do organismo. Enzimas, cabelos, unhas, albumina sérica, colágeno e uma série de substâncias biológicas são proteínas. Podem ser definidas como macromoléculas compostas por cadeias longas de aminoácidos unidos por ligações peptídicas. Na molécula proteica, os aminoácidos estão unidos por ligações peptídicas resultantes da eliminação da água entre o grupo carboxila de um aminoácido e o grupo alfa-aminoácido (ou imino, no caso da prolina). Por sua vez, os aminoácidos são compostos por um grupo amino (NH_2) adicionado ao carbono alfa* (o carbono próximo ao grupo carboxila), conforme ilustrado na Figura 3.1.

* Carbono alfa: átomo de carbono assimétrico. Ocorre em duas diferentes formas isoméricas. Com a única exceção da glicina, que não tem carbono assimétrico, todos os demais 19 aminoácidos obtidos por hidrólise de proteínas são opticamente ativos – podem desviar a luz planopolarizada em uma ou outra direção.

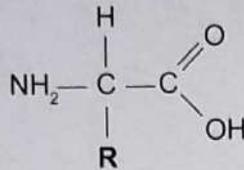


Figura 3.1 Estrutura química geral de um alfa-aminoácido. O "R" em destaque representa a cadeia lateral que difere em cada aminoácido.

Classificação

Os 20 aminoácidos primários receberam abreviações de três letras ou um símbolo de uma única letra para indicar a composição e a sequência dos aminoácidos em cadeias polipeptídicas (Tabela 3.1).

Do ponto de vista nutricional, os aminoácidos foram inicialmente classificados em essenciais e não essenciais. Os nove aminoácidos essenciais referem-se àqueles cujos esqueletos de carbono não podem ser sintetizados em seres humanos, devendo por isso, ser fornecidos pela dieta. Com o avanço do conhecimento do metabolismo proteico e das características nutricionais desses compostos, essa classificação tem sofrido modificações. A Tabela 3.2 apresenta classificação atual dos aminoácidos essenciais, não essenciais e semiessenciais (condicionalmente indispensáveis).

Aminoácidos não essenciais podem ser sintetizados no organismo a partir de outros aminoácidos ou outros compostos nitrogenados. A tirosina está relacionada com a fenilalanina, diferenciando-se desta última pelo fato de um H ser substituído por um grupo OH. Por sua vez, a cistina e a cisteína estão relacionadas quimicamente com a metionina, sendo essas três os únicos aminoácidos que contêm enxofre em suas moléculas. A maioria dos organismos consegue realizar interconversão reversível de cistina e cisteína. Os aminoácidos semiessenciais podem ser sintetizados a partir de outros aminoácidos e/ou sua síntese é limitada sob condições fisiopatológicas especiais (p. ex., entre recém-nascidos prematuros quando há conversão inadequada de cisteína a partir de metionina

ou em situações de estresse em que o catabolismo intenso limita a capacidade tecidual de produzir glutamina para suprir o aumento das necessidades para homeostase do nitrogênio).

Em termos práticos, acredita-se que a mistura de aminoácidos essenciais e semiessenciais fornecida pelas proteínas alimentares em níveis de ingestão adequados pode cobrir as necessidades tanto de aminoácidos específicos quanto de nitrogênio. O termo "semiessencial" tem sido utilizado para indicar que, a princípio, esses aminoácidos podem ser incluídos na dieta quando houver aumento das necessidades de seus precursores e/ou da atividade de enzimas envolvidas nas principais vias metabólicas para promover sua síntese.

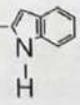
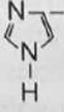
METABOLISMO

Digestão e absorção

Após a ingestão, as proteínas da dieta são desnaturadas em pH ácido no estômago, sendo então clivadas em peptídios* pela pepsina gástrica. As proteínas e os peptídios passam para o intestino delgado, onde as ligações peptídicas são hidrolisadas por várias enzimas produzidas pelo pâncreas, incluindo tripsina, quimiotripsinas, elastase e carboxipeptidases. Os aminoácidos livres e pequenos peptídios são então transportados para as células da mucosa intestinal por uma série de sistemas carreadores, e aminoácidos - di e tripeptídios específicos - para grupos de substratos peptídicos. Durante a sua absorção, alguns aminoácidos são transaminados com formação de alanina. Após hidrólise intracelular do peptídio absorvido, os aminoácidos livres são então secretados no sangue portal por outros sistemas carreadores específicos ou são metabolizados no próprio intestino. Os aminoácidos absorvidos são transportados para o fígado, onde vários deles serão captados e utilizados; o remanescente passará para a circulação sistêmica e será utilizado pelos tecidos periféricos. Os aminoácidos de cadeia ramificada são metabolizados em tecidos periféricos (músculo, rim, tecido adiposo). O

* Peptídios: pequenas cadeias de 2 ou mais aminoácidos unidos por ligação covalente.

Tabela 3.1 Fórmulas estruturais dos 20 alfa-aminoácidos agrupados segundo a classe funcional.

Aminoácidos neutros	Abreviação de 3 letras	Abreviação de 1 letra	Cadeia lateral (R)
Glicina	Gly	G	H -
Alanina	Ala	A	CH ₃ -
Valina	Val	V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \end{array}$
Leucina	Leu	L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \end{array}$
Isoleucina	Ile	I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \end{array}$
Serina	Ser	S	HO - CH ₂ -
Treonina	Thr	T	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \end{array}$
Aminoácidos sulfurados			
Cisteína	Cys	C	HS - CH ₂ -
Metionina	Met	M	CH ₃ - S - CH ₂ - CH ₂ -
Aminoácido cíclico			
Prolina	Pro	P	$\begin{array}{c} - \text{CH}_2 - \\ \diagup \quad \diagdown \\ - \text{CH}_2 - \quad \text{CH}_2 \end{array}$
Aminoácidos aromáticos			
Fenilalanina	Phe	F	- CH ₂ - 
Tirosina	Tyr	Y	- CH ₂ -  - OH
Triptofano	Trp	W	- CH ₂ - 
Histidina	His	H	 - CH ₂ -
Aminoácidos básicos			
Lisina	Lys	K	H ₂ N - CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ -
Arginina	Arg	R	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \\ \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \end{array}$
Aminoácidos ácidos			
Ácido glutâmico	Glu	E	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{OH} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \end{array}$
Glutamina	Gln	Q	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \end{array}$

(continua)

Tabela 3.1 (Continuação) Fórmulas estruturais dos 20 alfa-aminoácidos agrupados segundo a classe funcional.

Aminoácidos neutros	Abreviação de 3 letras	Abreviação de 1 letra	Cadeia lateral (R)
Ácido aspártico	Asp	D	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{OH} - \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$
Asparagina	Asn	N	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{C} - \text{CH}_2 - \end{array}$

Tabela 3.2 Aminoácidos essenciais, não essenciais e semiessenciais.

Essenciais	Não essenciais	Semiessenciais*	Precusores dos aminoácidos semiessenciais
Histidina**	Alanina	Arginina	Glutamina/glutamato, aspartato
Isoleucina	Ácido aspártico	Cisteína	Metionina, serina
Lisina	Asparagina	Glutamina	Ácido glutâmico/amônia
Leucina	Ácido glutâmico	Glicina	Serina, colina
Triptofano	Serina	Prolina	Glutamato
Treonina		Tirosina	Fenilalanina
Metionina			
Fenilalanina			
Valina			

* Condicionalmente essencial quando a síntese endógena não alcança as necessidades metabólicas.

** Em 1985, a FAO/OMS/ONU considerou a histidina um aminoácido essencial, uma vez que sua deficiência na dieta induz ao balanço nitrogenado negativo e diminui a concentração de hemoglobina sanguínea.

músculo esquelético degrada-os com aumento do catabolismo no jejum, enquanto o tecido adiposo degrada certos aminoácidos (p. ex., leucina) mais rapidamente após ingestão de alimento. A alanina e a glutamina formadas pela oxidação desses aminoácidos ramificados têm papel de carreadores de grupos NH_2 ao fígado para formação de ureia e liberação do esqueleto carbônico para a gliconeogênese.

Estudos isotópicos sugerem que muitas proteínas da dieta, incluindo caseína, dietas mistas, trigo e legumes, são digeridas em geral com uma eficiência maior que 90%. Uma porção significativa (pelo menos 50%) das perdas fecais representa a fixação de substâncias nitrogenadas pelas bactérias intestinais.

Bioutilização

O anabolismo, ou biossíntese, ocorre basicamente em três estágios e começa com moléculas precursoras pequenas. A biossíntese de

proteínas inicia-se com a formação de alfacetoácidos e outros precursores. Em seguida, os alfacetoácidos são aminados por substâncias doadoras de grupo NH_2 , formando-se os alfa-aminoácidos. No estágio final, esses aminoácidos são reunidos ordenadamente em cadeias polipeptídicas, formando inúmeras proteínas.

Já o catabolismo é a fase degradativa do metabolismo. A degradação de cada um dos principais nutrientes celulares liberadores de energia (carboidratos, lipídios e proteínas) se dá por meio de reações enzimáticas consecutivas. Assim, inicialmente, os polissacarídios são degradados a hexoses e pentoses; os lipídios, a ácidos graxos, glicerol e outros componentes; e as proteínas são hidrolisadas em seus 20 aminoácidos primários. Em seguida, as hexoses, as pentoses e o glicerol são degradados a um intermediário único com três átomos de carbono – o piruvato –, sendo então convertido em uma unidade de dois carbonos: o

grupo acetil da acetil-coenzima A (CoA). De forma similar, os ácidos graxos e o esqueleto carbônico dos aminoácidos são quebrados em grupos acetil para formar o acetil-CoA. Por último, o grupo acetil do acetil-CoA é introduzido no ciclo do ácido cítrico, a via final comum, por meio do qual a maioria dos nutrientes fornecedores de energia é finalmente oxidada a dióxido de carbono. A água e a amônia (ou outros produtos nitrogenados) são os demais produtos finais do catabolismo. O catabolismo e o anabolismo ocorrem simultaneamente nas células, e a velocidade de cada um é regulada de modo independente. A Figura 3.2 ilustra a utilização dos esqueletos carbônicos dos aminoácidos comuns no ciclo do ácido cítrico.

Síntese proteica

Os aminoácidos são selecionados para síntese proteica pela ligação ao RNA de transferência (tRNA)* no citoplasma celular. A informação para sequência de aminoácidos de cada proteína individual está contida na sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro (mRNA) que são sintetizados no núcleo do DNA pelo processo de transcrição. As moléculas do mRNA então interagem com as moléculas do tRNA no citoplasma para sintetizar a proteína específica pela ligação dos aminoácidos individuais – processo conhecido como translação, regulado por aminoácidos como a leucina e os hormônios.

Do ponto de vista nutricional, é importante reconhecer que a síntese proteica representa um processo contínuo que ocorre em

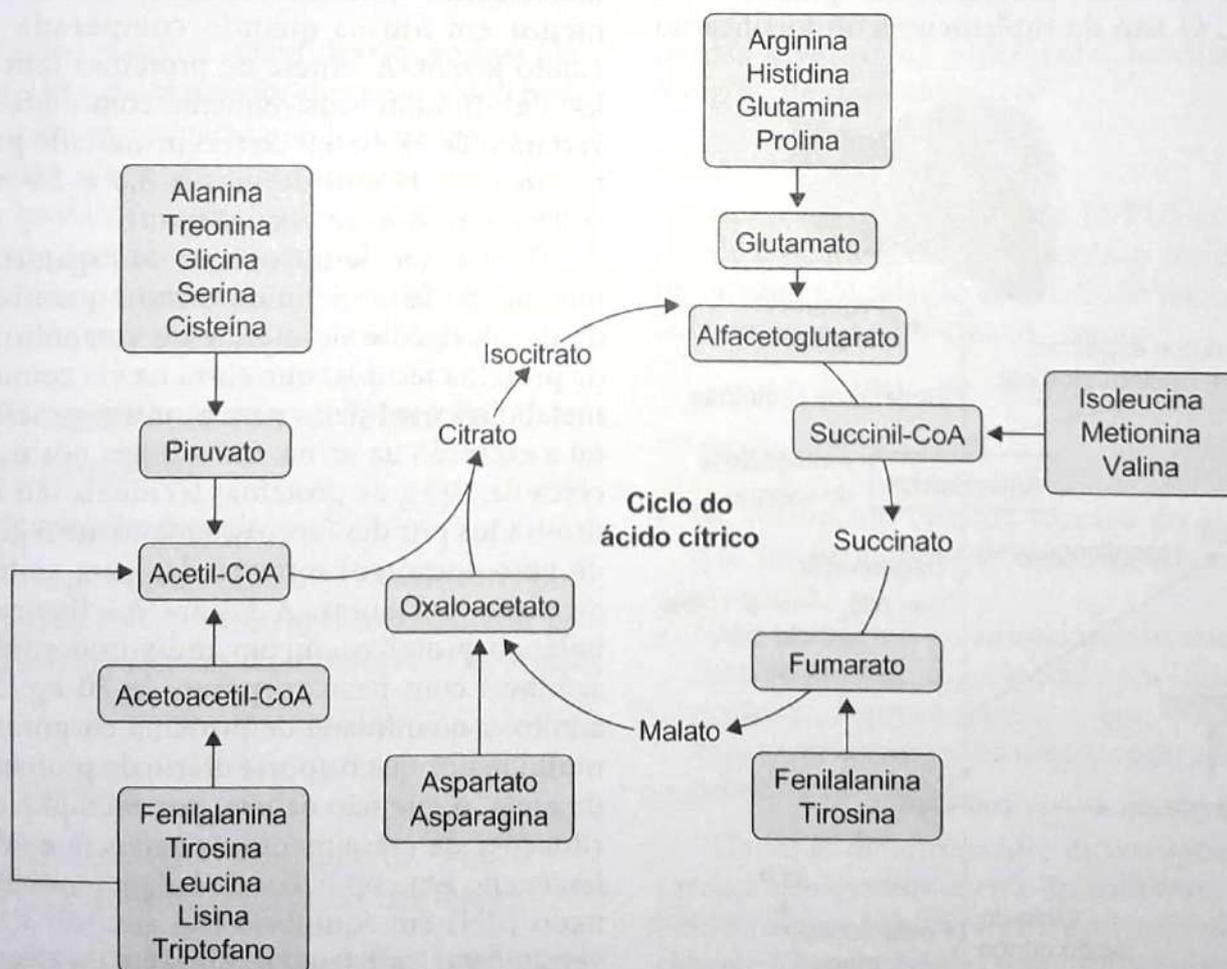


Figura 3.2 Utilização dos esqueletos de carbono dos aminoácidos no ciclo do ácido cítrico.

* Os ácidos ribonucleicos são mais abundantes que o DNA na maioria das células. As três classes principais de RNA são RNA mensageiro (mRNA), RNA ribossômico (rRNA) e RNA de transferência (tRNA). Cada um consiste em uma fita única de ribonucleotídeos e tem um peso molecular, uma sequência nucleotídica e uma função biológica característica.

muitas células. A restrição no fornecimento de alguns aminoácidos essenciais na dieta – conhecidos como aminoácido “limitante” – produzirá um desequilíbrio na síntese de proteínas corporais. Os aminoácidos que chegam ao fígado após absorção no trato digestório têm várias vias metabólicas. O fígado renova suas próprias proteínas com velocidade de degradação muito alta, com meia-vida média de apenas alguns dias, sendo o sítio da biossíntese da maioria das proteínas plasmáticas do sangue (Figura 3.3).

O metabolismo integrado de aminoácidos é condicionado por vários fatores, incluindo aporte adequado de energia e micronutrientes, qualidade dos alimentos consumidos e atividade física. Embora ainda pouco estudado, há evidências da influência do consumo inadequado de vitaminas do complexo B e zinco no valor biológico das proteínas da dieta. O uso de suplementos ou fortificação

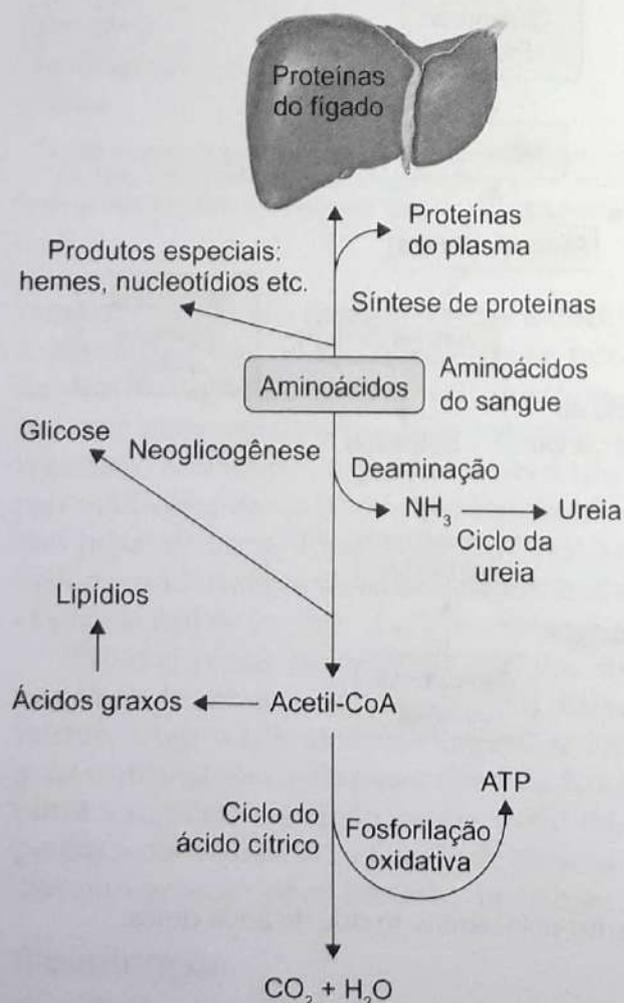


Figura 3.3 Vias metabólicas dos aminoácidos no fígado.

de alimentos com esses nutrientes confere uma demanda metabólica adicional. Por exemplo, o excesso de zinco na dieta induz a maior síntese de metalotioneína, que, por sua vez, aumenta a demanda metabólica para aminoácidos sulfurados. A atividade física pode aumentar as necessidades de proteínas, aspecto que pode ser minimizado pelo treinamento e pelo consumo adequado de energia da dieta.¹

Renovação proteica

As proteínas corporais são continuamente degradadas e ressintetizadas (processo conhecido como *turnover* proteico). No adulto, aproximadamente 250 g/dia de proteína são captados, sintetizados e degradados. Isso corresponde à ingestão mediana de cerca de 55 a 100 g/dia. A quantidade de proteína diariamente reciclada é maior em bebês e menor em idosos quando comparada ao adulto jovem. A síntese de proteínas (em g/kg/dia) diminui sensivelmente com a idade, variando de 17,4 e 6,9 no recém-nascido pré-termo e no 1º ano de vida a 3,0 e 1,9 em adultos e idosos, respectivamente.

O *turnover* de nitrogênio no organismo humano pode ser definido como a quantidade de nitrogênio da dieta e do catabolismo de proteína tecidual que entra na via comum metabólica e sai desta para a síntese proteica ou a excreção na urina. Em adultos normais, cerca de 300 g de proteínas teciduais são hidrolisados por dia (aproximadamente 5 g/kg de peso corpóreo) e renovados para síntese de novas proteínas. A Figura 3.4 ilustra o balanço proteico em um indivíduo adulto saudável com peso corpóreo de 70 kg. No adulto, a quantidade de proteína corpórea é muito maior que o aporte diário de proteínas da dieta, o que não ocorre, por exemplo, em situações de crescimento na infância e adolescência. Em condições de balanço nitrogenado (BN) em equilíbrio (no adulto), a ingestão proteica é igual à excreção, e a degradação de proteínas endógenas é proporcional à síntese proteica no organismo.

Avaliação da qualidade da proteína da dieta

Todos os métodos descritos na literatura com o objetivo de avaliar a qualidade de uma

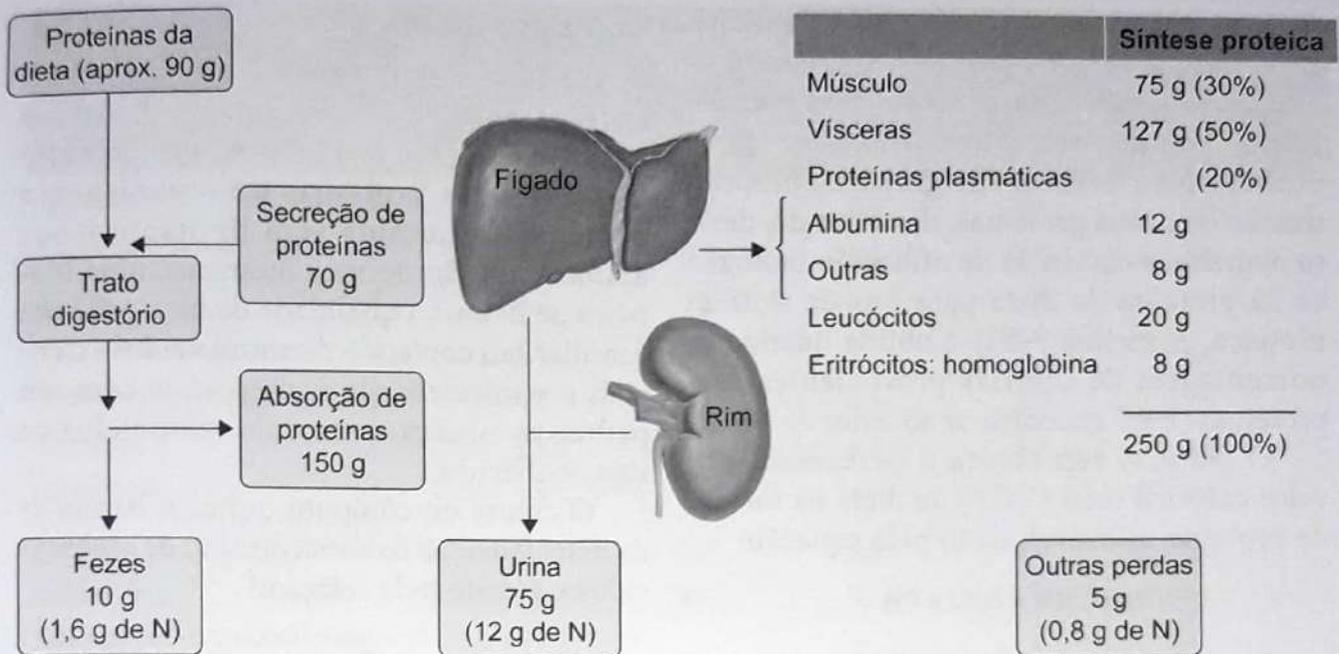


Figura 3.4 Balanço de proteínas em indivíduo adulto saudável.

proteína visam a quantificar quão boa ela é para fins de síntese proteica ou valor biológico (p. ex., capacidade de promover crescimento adequado). Os métodos de avaliação da qualidade proteica compreendem determinações do valor nutritivo por meio de análises químicas da composição aminoacídica, métodos bioquímicos e biológicos.

Métodos baseados na retenção de nitrogênio

Balanço nitrogenado

O BN considera a diferença entre o nitrogênio ingerido (NI) e o nitrogênio excretado pelo organismo em um dado intervalo de tempo.

$$BN = NI - (NU + NF)$$

Em que:

- NU: nitrogênio excretado na urina
- NF: nitrogênio excretado nas fezes.

A perda de nitrogênio ocorre também por outras vias, como a pele. Para estudos com seres humanos, há estimativa de perda mínima de 3 mg pela perspiração e 2 mg para

perdas diversas de nitrogênio, totalizando 5 mg/kg de peso corpóreo.²

Utilização proteica líquida

A utilização proteica líquida (NPU) corresponde à quantidade de nitrogênio retida no organismo em relação ao NI. Pode ser calculada em ensaios biológicos, como:

$$NPU = (Nt - Nap)/NI$$

Em que:

- Nt: nitrogênio final da carcaça do animal que foi alimentado com a proteína em avaliação
- Nap: nitrogênio do animal que recebeu no mesmo período dieta isocalórica isenta de proteína, representando o que o animal conseguiria manter na carcaça sem receber proteína na dieta.¹

Como as determinações de nitrogênio da carcaça são extremamente trabalhosas, estabeleceram-se relações entre nitrogênio da carcaça e água corporal total, substituindo-se a determinação de nitrogênio pela água em estudos metabólicos com seres humanos. Para fixar quilocalorias (kcal)* na forma de protei-

* Uma caloria é definida como a energia necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 g de água. Na prática, como essa unidade de energia é muito pequena, utiliza-se uma unidade mil vezes maior – a quilocaloria (kcal).

na, o organismo gasta aproximadamente 6 kcal de qualquer origem energética. Quando a relação proteína/calorias totais da dieta aumenta, grande parte da proteína ingerida é utilizada para fornecer energia para a própria fixação de novas proteínas, diminuindo, dessa maneira, a eficiência de utilização biológica da proteína da dieta para fins de síntese proteica. A melhor NPU é obtida quando a porcentagem de calorias provenientes das proteínas (P%)* encontra-se ao redor de 10%.³

O NdpCal representa o percentual do valor calórico total (VCT) da dieta na forma de proteína utilizável, dado pela equação:

$$\text{NdpCal\%} = \text{NPU} \times \text{P\%}$$

Para estimar o valor da NPU, pode-se multiplicar os seguintes fatores pelo respectivo P% das proteínas da dieta segundo sua origem:

- Proteína de origem animal: 0,7
- Proteína de leguminosas: 0,6
- Proteína de cereais: 0,5.

Para uma dieta ou refeição mista com fontes de proteínas de diferentes origens, calcula-se:

$$\text{NdpCal\%} = (\text{P\% animal} \times 0,7) + (\text{P\% leguminosas} \times 0,6) + (\text{P\% cereais} \times 0,5)$$

Esses fatores foram estabelecidos com base em estudos experimentais com animais (publicados nas décadas de 1970 e 1980). No Brasil, esse indicador é utilizado no Programa de Alimentação do Trabalhador (PAT), que recomenda refeições com valores de NdpCal entre 6 e 10%.

Outros fatores da dieta têm também papel importante na eficiência da utilização das proteínas dietéticas, como o teor de fibra e fitatos, que afeta a bioutilização de vários nutrientes, assim como aporte adequado de calorias, ácidos graxos essenciais, vitaminas, minerais e espaçamento na ingestão proteica.⁴

Cômputo químico

Se um ou mais aminoácidos são encontrados em uma proteína em quantidades abaixo das necessidades para manutenção do equilíbrio dinâmico das proteínas do organismo, a proteína consumida será limitante nesse aminoácido. Em termos químicos, uma maneira de definir a qualidade de uma proteína é avaliar seu conteúdo de aminoácidos essenciais e semiessenciais e compará-la com um padrão ou uma proteína cujo valor biológico seja conhecido.

O escore ou cômputo químico baseia-se na determinação da concentração de aminoácidos e é dado pela relação:¹

$$\text{Escore} = \frac{\text{mg de aminoácido/g de proteína testada}}{\text{mg do mesmo aminoácido/g de proteína referência}}$$

O aminoácido que se apresentar em menor quantidade recebe o nome de limitante ou primeiro limitante. Pode-se definir também o segundo limitante (que estiver presente em menor quantidade em relação ao padrão, porém o déficit percentual é menor em relação ao primeiro limitante), o terceiro limitante etc. O percentual mais baixo define o escore proteico, o escore aminoacídico ou a contagem de aminoácidos.

Como proteína de referência para comparação de aminoácidos, foram definidos alguns padrões, como a ovoalbumina e o leite de vaca. Com base nessas proteínas, comitês técnicos da FAO/OMS elaboraram perfis de aminoácidos essenciais apresentados na Tabela 3.3.

Digestibilidade

Avalia o aproveitamento biológico de uma proteína, definida como a fração percentual do nitrogênio total ingerido que o organismo vivo absorve:

* P%: percentual do valor calórico total fornecido pelas proteínas: $\text{P\%} = \frac{\text{kcal proveniente de proteínas} \times 100}{\text{Calorias totais da dieta}}$

Tabela 3.3 Padrões aminoacídicos (g de aminoácido/100 g de proteína) e variação do escore (% adequação do primeiro limitante) de uma proteína em virtude dos diferentes padrões aminoacídicos.

Aminoácido	Proteína teste	FAO-55	Leite de vaca	Leite humano	Ovo de galinha	FAO-71
Isoleucina	4,5	4,2	4,7	4,6	5,4	4,0
Leucina	6,5	4,8	9,5	9,3	8,6	7,0
Lisina	3,6	4,2	7,8	6,6	7,0	5,5
Fenilalanina + tirosina	6,6	5,6	10,2	7,2	9,3	6,0
Metionina + cistina	4,3	4,2	3,3	4,2	5,7	3,5
Treonina	3,5	2,8	4,4	4,3	4,7	4,0
Triptofano	1,3	1,4	1,4	1,7	1,7	1,0
Valina	4,6	4,2	6,4	5,5	6,6	5,0
Escore (%)		86	46	55	51	65

Adaptada de FAO/OMS/UNU (1985).⁵

$$D = A/NI \times 100$$

Em que:

- A = nitrogênio absorvido
- NI = nitrogênio ingerido.

O numerador A é determinado pela diferença entre o nitrogênio ingerido (NI) e o excretado nas fezes (NF): $A = NI - NF$. Substituindo-se A na primeira equação, tem-se: $Dap = (I - F)/I \times 100$, na qual Dap é a digestibilidade aparente. Contudo, além do nitrogênio da dieta que não foi absorvido, encontram-se nas fezes nitrogênio excretado proveniente da descamação do tubo digestório, sucos, secreções e flora intestinal, constituindo a perda inevitável de nitrogênio. Assim, se não for considerada essa perda inevitável de nitrogênio, será calculada a Dap. Para estimativa da digestibilidade verdadeira (Dv), pode-se calcular o nitrogênio fecal eliminado sob condições experimentais com indivíduos submetidos a uma dieta sem proteínas. O nitrogênio (N) que aparece nas fezes e provém da proteína ingerida corresponde ao nitrogênio total eliminado menos o nitrogênio excretado durante uma dieta sem proteínas. Dessa forma, a Dv poderá ser calculada da seguinte maneira:

$$Dv = 1 - (N \text{ total das fezes} - N \text{ fezes dieta sem proteínas})/I \times 100$$

A Tabela 3.4 apresenta estimativas de Dv em seres humanos para algumas fontes de proteínas da dieta.

Escore aminoacídico corrigido pela digestibilidade proteica

Para a avaliação de qualidade proteica, tanto em dietas quanto para a proteína de um alimento, o Comitê de Especialistas da FAO/OMS/ONU 2007 recomendou o uso de indicador de qualidade proteica baseado na composição química de aminoácidos e na medida de D, conhecido como escore aminoacídico corrigido pela digestibilidade proteica (em inglês, *protein digestibility corrected amino acid score* – PDCAAS).¹ O valor do PDCAAS representa a eficiência geral de utilização proteica em relação a dois componentes: digestibilidade e valor biológico, em que o valor biológico consiste no nitrogênio utilizado (definido pelo escore aminoacídico) dividido pelo nitrogênio digerido (digestibilidade). Esse indicador baseia-se no princípio de que a utilização de qualquer proteína é inicialmente limitada por sua digestibilidade, que, por sua vez, determina o nitrogênio disponível do alimento para utilização biológica, e o valor biológico é relativo à capacidade de os aminoácidos absorvidos atenderem à demanda metabólica. O valor bio-

Tabela 3.4 Valores para digestibilidade verdadeira de proteínas em seres humanos.

Fonte proteína	Digestibilidade verdadeira (%)
Dieta brasileira mista	78
Dieta norte-americana mista	96
Feijões	78
Amendoim	94
Feijões	78
Arroz, polido	88
Arroz, cereal integral	75
Aveia, cereal	72
Ovos	97
Farinha de soja	86
Isolado de proteína de soja	95
Mistura de arroz e feijão	78
Farinha de trigo branca	96
Glúten de trigo	99
Trigo refinado	96
Trigo integral	86
Carne, peixe	94
Leite, queijo	95

Fonte: FAO/WHO/UNU (2007).¹

lógico nunca excede 1, uma vez que qualquer quantidade de nitrogênio absorvido, por melhor que possa ser o escore aminoacídico, representa a necessidade biológica para que todos os aminoácidos sejam utilizados. Nesse contexto, o valor do PDCAAS deve ser utilizado para ajustar a recomendação do nível seguro de consumo de proteínas da dieta para alcançar as necessidades biológicas. Por essa razão, o valor do PDCAAS > 1 não deve ser utilizado para recomendação dietética, uma vez que isso representaria que o consumo ajustado seria menor que o nível seguro de ingestão.

NECESSIDADES E RECOMENDAÇÕES NUTRICIONAIS

As recomendações nutricionais para grupos populacionais (RDA)* para proteínas têm sido formuladas a partir de estudos de BN e de seu potencial para fins de crescimento. Em 1985, a FAO/OMS/UNU recomendou um acréscimo de 25% (equivalente a 2 desvios padrões) às necessidades médias por grupos específicos segundo idade e sexo a partir de estudos de BN em adultos jovens alimentados com proteínas de referência (ovos, caseína ou carnes). Em geral, para países em desenvolvimento, considerou-se que a dieta média apresentava menor qualidade e digestibilidade proteicas. Para a América Latina, por exemplo, recomendou-se que 0,75 g de proteínas de referência (alto valor biológico) por kg de peso corpóreo corresponderia à recomendação de 1 g/kg de peso para compensar a qualidade proteica de dietas mistas.⁵ Esse nível de ingestão seria adequado para alcançar as necessidades de nitrogênio e de aminoácidos essenciais em adultos.

Entretanto, algumas publicações sugerem que crianças pré-escolares apresentam necessidades maiores de aminoácidos essenciais.⁶ A ingestão de proteínas, especialmente de origem animal, está associada ao menor risco de retardo de crescimento na infância. Ainda que a deficiência de micronutrientes, por exemplo o zinco, possa também estar envolvida no déficit de crescimento, recomenda-se que 10 a 25% do total de proteínas da dieta sejam de origem animal na alimentação infantil.⁷

A FAO/OMS ainda não estabeleceu níveis máximos de ingestão de proteínas. No entanto, estudos em animais e em seres humanos sugerem que ingestão excessiva de proteínas possa produzir efeitos adversos na função renal. Os índices de filtração glomerular aumentam muito em resposta à sobrecarga de proteínas, o que poderia contribuir na redução da função renal com o avanço da idade.⁷

* RDA: ingestão diária suficiente para alcançar as necessidades nutricionais de 97,5% dos indivíduos nos estágios da vida e sexo. Ver Apêndice 2.

Recomendação mais recente para a população norte-americana estabelece limite de ingestão total de proteínas de até duas vezes a RDA.⁸ Desde então, tem-se apontado que esse consumo de proteínas é facilmente excedido por indivíduos fisicamente ativos em dietas normais, e que níveis muito mais altos de proteína são consumidos em dietas enriquecidas com proteínas visando ao fisiculturismo ou à definição de massa muscular. Por isso, é particularmente importante identificar adequadamente os potenciais efeitos adversos.¹ O potencial efeito negativo da proteína no balanço de cálcio é discutido no Capítulo 11. Além disso, a proteína parece ter efeitos anabólicos diretos na matriz óssea. Está bem documentado que dietas com alto teor proteico podem resultar em um aumento na excreção urinária de cálcio. Uma segunda consequência potencial das dietas hiperproteicas, amplamente discutida na literatura, consiste no aumento de cálculos renais. A urina contém altas concentrações de cálcio e oxalato, que podem se acumular nos rins como cálculos de oxalato de cálcio, a forma mais comum de cálculos renais. Um aumento na proteína animal na dieta pode resultar em uma elevação de cálcio e oxalato na urina, o que foi estimado para aumentar o risco de formação de pedras nos rins.

No Brasil, considerando-se a predominância de alimentos de origem vegetal, particularmente da mistura típica de arroz e feijão, recomendações de aminoácidos essenciais e proteínas para a população têm considerado valores entre 80 e 85% para Dv e 90% para o escore aminoacídico em relação às proteínas de referência. Estudos brasileiros mostram que a mistura de duas partes de arroz e uma parte de feijão (em gramas do alimento cozido) tem bom valor nutritivo.⁹ A Tabela 3.5 apresenta as recomendações da FAO/OMS/ONU para níveis seguros de ingestão de proteínas.¹ Recomendações anteriores da FAO/OMS estabeleciam ingestão de 8 a 10% das calorias totais da dieta na forma de

proteínas de alto valor biológico para alcançar as necessidades de aminoácidos essenciais.⁷ Na alimentação mista à base de alimentos de origem vegetal, esses níveis percentuais seriam de 10 a 12% em virtude da menor digestibilidade proteica. Para os idosos, em razão da menor ingestão energética, as proteínas devem representar 12 a 14% do VCT da dieta.

Segundo a FAO/OMS/ONU, a relação proteína:energia para as recomendações expressas em função de idade, peso corporal, sexo e nível de atividade física permite identificar a densidade proteica necessária dos alimentos conforme estilo de vida, tamanho, idade e sexo.¹ As razões de referência de proteína:energia variam de 0,048 para um bebê de 2,5 anos a 0,128 para uma mulher adulta mais velha sedentária. Assim, para qualquer dieta considerada limitante em proteína, os grupos populacionais com maior probabilidade de estarem em risco são pessoas idosas, especialmente mulheres sedentárias. Isso significa que, embora as necessidades de proteína estimadas para pessoas idosas não sejam diferentes daquelas para adultos mais jovens, a menos que os idosos sejam fisicamente ativos, elas precisarão de alimentos com maior densidade proteica.

As Tabelas 3.5 a 3.7 apresentam as recomendações da FAO/OMS/ONU para níveis seguros de ingestão de proteínas para crianças e adolescentes, adultos, gestantes e nutrízes, respectivamente.

CONSUMO DE PROTEÍNAS NO BRASIL

A participação relativa das proteínas no VCT da dieta brasileira (P%), determinada pela aquisição domiciliar de alimentos, foi recentemente estimada em cerca de 12% nas regiões Centro-Oeste e Sudeste (com 6% do VCT para proteínas de origem animal), variando de 13 a 14% nas regiões Nordeste, Norte e Sul (com 7 a 9% do VCT para proteínas de origem animal).¹⁰

Tabela 3.5 Níveis seguros de ingestão de proteínas para bebês, crianças e adolescentes segundo sexo.

Idade (anos)	Meninos			Meninas		
	Peso (kg)	Proteína (g/kg de peso por dia)	Proteína (g/dia)	Peso (kg)	Proteína (g/kg de peso por dia)	Proteína (g/dia)
0,5	7,8	1,31	10,2	7,2	1,31	9,4
1	10,2	1,14	11,6	9,5	1,14	10,8
1,5	11,5	1,03	11,8	10,8	1,03	11,1
2	12,3	0,97	11,9	11,8	0,97	11,4
3	14,6	0,90	13,1	14,1	0,90	12,7
4 a 6	19,7	0,87	17,1	18,6	0,87	16,2
7 a 10	28,1	0,92	25,9	28,5	0,92	26,2
11 a 14	45	0,90	40,5	46,1	0,89	41
15 a 18	66,5	0,87	57,9	56,4	0,84	47,4

Fonte: FAO/WHO/UNU (2007).¹

Tabela 3.6 Níveis seguros de ingestão de proteínas para mulheres e homens com idade superior a 18 anos.

Peso corporal (kg)	Nível seguro de ingestão de proteínas (g/kg/dia)*
40	33
45	37
50	42
55	46
60	50
65	54
70	58
75	62
80	66

* 0,83 g/kg/dia de proteínas com valor de PDCAAS (escore aminoacídico corrigido pela digestibilidade) igual a 1,0.

Fonte: FAO/WHO/UNU (2007).¹

Tabela 3.7 Necessidades extras de proteínas na gravidez e na lactação.

Período	Ingestão segura (g/dia)	Necessidade adicional de energia (kJ/dia)*	Razão proteína:energia
1º trimestre de gravidez	1	375	0,04
2º trimestre de gravidez	10	1.200	0,11
3º trimestre de gravidez	31	1.950	0,23
Primeiros 6 meses de lactação	19	2.800	0,11
Após 6 meses de lactação	13	1.925	0,11

* 1 kJ = 0,239006 kcal.

Fonte: FAO/WHO/UNU (2007).¹

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO/WHO/UNU. Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO Technical Report Series n° 935. Geneva: WHO; 2007.
2. Millward DJ. An adaptative metabolic demand model for protein and amino acid requirements. *Br J Nutr.* 2003;90:1-13.
3. Tagle MA. Nutrición. Santiago: Andrés Bello; 1982.
4. Millward DJ. Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy. *J Nutr.* 2004;134:1588S-1596S.
5. FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO Technical Report n° 724. Geneva: WHO; 1985.
6. Yates AA. National nutrition and public health policies: issues related to bioavailability of nutrients when developing dietary reference intakes. *J Nutr.* 2001;131:1331S-1334S.
7. FAO/OMS. Informe de una Reunión Consultiva Conjunta. Preparación y uso de directrices nutricionales basadas em los alimentos. Ginebra: Organización Mundial de Salud; 1998 (Serie de Informes Técnicos). p. 58-119.
8. Young VR, Pellett PL. Protein evaluation, amino acid scoring and the food and drug administration's proposed food labeling regulations. *J Nutr.* 1991;121:145-50.
9. Vannucchi H, Menezes EW, Campana AO, Lajolo FM. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. *Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição.* 1990;51-61.
10. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Índices de Preços. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003. Rio de Janeiro: IBGE; 2003.

BIBLIOGRAFIA

- Carpenter KJ. A short history of nutritional science: part 2 (1785-1885). *J Nutr.* 2003;133:975-6.
- Scrimshaw NS, Waterlow JC, Schurch B. Energy and protein requirements. *Eur J Clin Nutr.* 1996;50(Suppl 1):S119-85.