

Pesquisa - Classificação de Proteínas, Aminoácidos e Carboidratos

Classificação das Proteínas

As **proteínas** podem ser classificadas segundo diversos critérios, refletindo diferentes aspectos de suas características. A seguir, são apresentadas classificações baseadas no tamanho da cadeia polipeptídica, na função biológica, na estrutura molecular, na composição química, na forma/solubilidade e na origem da proteína.

Por número de aminoácidos na cadeia (tamanho da proteína)

Conforme o comprimento da cadeia de aminoácidos (número de resíduos ligados por ligações peptídicas), utiliza-se nomenclaturas distintas:

- **Peptídeos** – Cadeias curtas de aminoácidos. Em geral, moléculas com até ~50 aminoácidos são consideradas *peptídeos*, podendo ser subdivididos em *oligopeptídeos* (poucos aminoácidos, por exemplo 2 a 20 resíduos) e *polipeptídeos* (cadeias maiores, por exemplo dezenas de aminoácidos) ([What Is the Difference Between a Peptide and a Protein? | Britannica](#)) ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia livre](#)). Não há um limite fixo, mas tradicionalmente cadeias acima de 50 aminoácidos começam a ser chamadas de **proteínas** ([What Is the Difference Between a Peptide and a Protein? | Britannica](#)). Por exemplo, um *dipeptídeo* tem 2 aminoácidos, *tripeptídeo* 3, e assim por diante, enquanto um polipeptídeo longo (centenas de aminoácidos) já seria considerado uma **proteína** ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia livre](#)).
- **Proteínas** – Polímeros de aminoácidos de tamanho grande, tipicamente contendo dezenas a centenas (ou milhares) de resíduos. Muitas proteínas são formadas por uma ou mais cadeias polipeptídicas longas; por convenção, acima de ~50–100 aminoácidos costuma-se usar o termo *proteína* ([What Is the Difference Between a Peptide and a Protein? | Britannica](#)) ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia livre](#)). Assim, proteínas podem ser vistas essencialmente como “polipeptídeos muito grandes”. *Exemplo:* a **mioglobina** (proteína muscular de armazenamento de O₂) tem 153 aminoácidos, sendo portanto uma **proteína**, não apenas um peptídeo.

Por função biológica

As proteínas exercem **diversas funções biológicas essenciais**, podendo ser categorizadas pelo papel que desempenham no organismo ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo -](#)

[Mundo Educação](#)). Abaixo estão as principais classes funcionais de proteínas, com suas características e exemplos:

- **Enzimáticas (catalíticas)** – Atuam como **enzimas**, catalisando reações bioquímicas e acelerando a taxa de reações metabólicas. São as proteínas funcionalmente mais especializadas e numerosas, responsáveis por praticamente todas as reações químicas nas células ([Funcin ESTRUCTURAL](#)). *Exemplos:* **pepsina** (enzima digestiva no estômago), **DNA polimerase** (catalisa replicação do DNA), **hexocinase** (enzima glicolítica).
- **Estruturais** – Conferem suporte físico e estrutural a células e tecidos, mantendo a forma e integridade do organismo. Em geral são proteínas fibrosas que se agregam para formar estruturas maiores ([Funcin ESTRUCTURAL](#)). *Exemplos:* **colágeno** (principal componente estrutural de ossos, tendões e pele, proporcionando resistência e elasticidade), **queratina** (forma estruturas como cabelos, unhas, penas), **elastina** (proporciona elasticidade a tecidos conjuntivos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)).
- **Transporte** – Responsáveis pelo **transporte de substâncias** pelo organismo ou através de membranas celulares. Ligam-se e carregam moléculas específicas, frequentemente solúveis no meio aquoso do sangue ou citoplasma. *Exemplos:* **hemoglobina** (proteína do sangue que transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **mioglobina** (armazenamento e transporte de O₂ nos músculos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **albumina** (transporta ácidos graxos e hormônios no plasma), **transferrina** (transporta ferro no sangue).
- **Defesa (protetoras)** – Envolvidas na **proteção imunológica** e defesa contra agentes estranhos ou lesões. *Exemplos:* **imunoglobulinas** (anticorpos que reconhecem e neutralizam patógenos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **trombina e fibrinogênio** (proteínas da coagulação sanguínea que previnem hemorragias formando coágulos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **mucinas** (proteínas do muco com função protetora germicida nas mucosas) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)).
- **Armazenamento** – Servem como **reserva de nutrientes (aminoácidos ou íons)** que podem ser mobilizados conforme a necessidade. *Exemplos:* **ovoalbumina** (proteína da clara do ovo, fonte de aminoácidos para o embrião em desenvolvimento) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **caseína** (proteína do leite, fornece aminoácidos aos filhotes), **ferritina** (armazenamento de ferro no fígado).
- **Contráteis/Motoras** – Responsáveis pelos **movimentos** em nível celular e do organismo, convertendo energia química em trabalho mecânico. *Exemplos:* **miosina e actina** (proteínas motoras dos músculos, cuja interação gera a contração muscular) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)); **dineína e cinesina** (proteínas motoras que movimentam organelas e vesículas dentro da célula, e permitem o batimento de cílios e flagelos) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)).
- **Sinalizadoras e Receptoras** – Envolvidas na **comunicação celular** e regulação de processos fisiológicos. As **proteínas sinalizadoras** incluem muitos **hormônios proteicos** e

fatores de sinalização que circulam transmitindo mensagens; já as **proteínas receptoras** se localizam nas membranas celulares ou no citoplasma, **detectando sinais** (ligantes) e desencadeando respostas celulares. *Exemplos:* **insulina e glucagon** (hormônios proteicos pancreáticos que regulam a glicemia) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **hormônio do crescimento** (estimula o crescimento tecidual) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)); **receptores de membrana** (como o receptor de insulina, receptor β-adrenérgico, etc., que detectam hormônios/neurotransmissores), **rodopsina** (receptor visual na retina).

- **Reguladoras Gênicas** – Controlam a **expressão de genes** e a atividade do material genético. São proteínas que se ligam ao DNA ou RNA modulando quais genes são transcritos ou traduzidos. *Exemplos:* **fatores de transcrição** (proteínas que se ligam a regiões específicas do DNA regulando a transcrição de genes) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)), **proteínas repressoras/ativadoras** da expressão gênica (como as ciclinas, que regulam o ciclo celular) ([Funcin ESTRUCTURAL](#)).

(*OBS: Muitas proteínas podem desempenhar mais de uma função; por exemplo, a actina do citoesqueleto é estrutural e também participa de motilidade, e alguns hormônios proteicos têm função reguladora e sinalizadora.*)

Por nível estrutural (estrutura primária, secundária, terciária e quaternária)

([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)) Ilustração esquemática dos **quatro níveis estruturais** das proteínas: a estrutura primária (sequência linear de aminoácidos), estrutura secundária (padrões locais de dobramento, como α-hélice), estrutura terciária (dobramento tridimensional completo de uma cadeia polipeptídica) e estrutura quaternária (associação de múltiplas cadeias).

Cada molécula proteica possui uma *estrutura tridimensional hierárquica*, geralmente dividida em quatro níveis de organização, determinados pela sequência de aminoácidos e suas interações intramoleculares ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)) ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)):

- **Estrutura primária** – Corresponde à **sequência linear de aminoácidos** que formam a cadeia polipeptídica da proteína. É simplesmente a ordem específica dos resíduos de aminoácidos unidos por ligações peptídicas ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). Essa sequência é única para cada proteína e determinada geneticamente; pequenas alterações na estrutura primária (por mutação) podem causar grandes impactos na estrutura e função da proteína. *Ex:* a sequência de 146 aminoácidos da cadeia β da hemoglobina humana.
- **Estrutura secundária** – Refere-se a **padrões locais de dobramento** da cadeia polipeptídica estabilizados por ligações de hidrogênio entre os grupos amida e carbonila do

esqueleto peptídico ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). Os dois tipos principais de estrutura secundária são a **hélice α** (um enrolamento helicoidal) e a **folha β** (pregueada) ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). Esses motivos estruturais repetitivos formam-se espontaneamente em segmentos da cadeia graças a interações químicas regulares. Ex: regiões da proteína podem adotar o formato de hélice alfa (como em alfa-queratina) ou de folha beta (como na seda β-queratina).

- **Estrutura terciária** – É a **conformação tridimensional completa** de uma cadeia polipeptídica, ou seja, o dobramento global da proteína ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). Resulta da interação entre estruturas secundárias distantes e entre cadeias laterais dos aminoácidos (interações como pontes dissulfeto, ligações iônicas, interações hidrofóbicas e pontes de hidrogênio estabilizam a forma terciária) ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). Esse nível define o *formato funcional* final de muitas proteínas monoméricas. Ex: o formato globular da **mioglobina** e o arranjo complexo da estrutura enovelada das enzimas.
- **Estrutura quaternária** – Aplica-se a proteínas que possuem **mais de uma cadeia polipeptídica** (subunidades). É o arranjo espacial dessas subunidades associadas por interações não covalentes (e às vezes pontes dissulfeto intercadeias) para formar o complexo proteico funcional ([Proteínas: saiba o que é, função, tipos e muito mais!](#)). As subunidades podem ser idênticas ou diferentes. Ex: a **hemoglobina** tem estrutura quaternária composta por 4 subunidades polipeptídicas (2 α e 2 β), unidas para exercer sua função de transporte de O₂; a **DNA polimerase** e o **proteassoma** são outros complexos multiproteicos com organização quaternária.

(Nota: Nem todas as proteínas apresentam estrutura quaternária — apenas aquelas formadas por múltiplas cadeias polipeptídicas. Proteínas de cadeia única param no nível terciário.)

Por composição química (simples vs. conjugadas)

Essa classificação considera se a proteína é formada **apenas por aminoácidos** ou se também contém grupos químicos não proteicos ligados à cadeia polipeptídica:

- **Proteínas simples (holoproteínas)** – São compostas *exclusivamente por aminoácidos*. Ao serem hidrolisadas, liberam apenas aminoácidos como produtos ([Proteínas - Toda Matéria](#)). Não possuem componentes adicionais ligados. Exemplos: **albumina** (proteína do soro sanguíneo), **colágeno** (proteína estrutural do tecido conjuntivo), **queratina** (proteína dos cabelos e unhas). Todas essas, na hidrólise, produzem somente os aminoácidos constituintes.
- **Proteínas conjugadas (heteroproteínas)** – São formadas por uma fração proteica (ou seja, cadeias polipeptídicas de aminoácidos) *associada a um componente químico não proteico*, chamado de **grupo prostético** ([Proteína conjugada – Wikipédia, a encyclopédia](#))

[livre](#)). Na hidrólise, liberam aminoácidos e um radical não peptídico (prostético) ([Proteínas - Toda Matéria](#)). O grupo prostético pode ser de diversas naturezas, e assim as proteínas conjugadas subdividem-se conforme a composição desse grupo ([Proteína conjugada – Wikipédia, a encyclopédia libre](#)):

- **Glicoproteínas**: contêm uma fração de carboidrato unida à cadeia polipeptídica. Ex: **imunoglobulinas** (anticorpos) e **mucinas** do muco contêm cadeias de açúcar ligadas à proteína.
- **Lipoproteínas**: ligadas a lipídios. Ex: **HDL** e **LDL** (lipoproteínas plasmáticas que transportam colesterol) contêm colesterol e fosfolipídios associados à apoproteína.
- **Metaloproteínas**: associadas a íons metálicos (Fe, Cu, Zn, etc.). Ex: **hemoglobina** – cuja parte não proteica é o heme (grupo porfirina com ferro); **ferritina** (contém ferro armazenado); **anidrase carbônica** (enzima contendo zinco).
- **Fosfoproteínas**: contêm grupos fosfato covalentemente ligados. Ex: **caseína** do leite (com fosfato ligado à serina), **ovalbumina**.
- **Nucleoproteínas**: associadas a ácidos nucleicos. Ex: os **ribossomos** são complexos de RNA ribossomal com proteínas ribossômicas (proteínas conjugadas a RNA).
- **Cromoproteínas**: possuem um pigmento como grupo prostético. Ex: **hemoglobina** novamente (pigmento heme vermelho), **clorofila** (em proteínas dos cloroplastos, com o pigmento porfirina magnésio).

Em suma, nas proteínas conjugadas a parte proteica sozinha (apoproteína) associada ao grupo prostético forma a proteína funcional completa. A presença de grupos prostéticos expande a variedade funcional dessas proteínas ([Proteína conjugada – Wikipédia, a encyclopédia libre](#)), permitindo, por exemplo, que a hemoglobina transporte oxigênio (graças ao ferro do heme) ou que glicoproteínas realizem reconhecimento celular por meio dos açúcares.

Por forma e solubilidade (globulares vs. fibrosas)

Outra forma de classificar proteínas é conforme sua **morfologia tridimensional e propriedades de solubilidade** em água:

- **Proteínas fibrosas** – Apresentam forma alongada, formando *fibras ou cadeias estendidas*. Geralmente são **insolúveis** em meio aquoso e possuem elevada resistência mecânica ([Proteínas - Toda Matéria](#)). Tipicamente atuam em funções **estruturais** ou contráteis nos organismos. Suas cadeias polipeptídicas tendem a se organizar paralelamente em estruturas secundárias regulares (p. ex. muitas hélices α ou folhas β alinhadas), conferindo-lhes formato de filamento. *Exemplos*: **colágeno** (fibras resistentes do tecido conjuntivo, como tendões e pele), **queratina** (forma fibras insolúveis nos cabelos, unhas, penas), **fibroína da seda** (proteína fibrosa produzida por bichos-da-seda e aranhas) ([Función ESTRUCTURAL](#)), **miosina** (proteína contrátil dos músculos, com filamentos grossos).

- **Proteínas globulares** – Possuem cadeia polipeptídica dobrada em uma forma **esférica ou ovalada** compacta (globular). São **solúveis** em água ou em soluções salinas, devido a suas cadeias laterais hidrofílicas voltadas para o exterior da estrutura ([Proteínas - Toda Matéria](#)). Desempenham principalmente funções **dinâmicas e metabólicas**, como catálise, transporte e regulação. *Exemplos:* praticamente todas as **enzimas** são globulares (e solúveis), **hemoglobina** (proteína globular de transporte de O₂ no sangue) ([Proteínas - Toda Matéria](#)), **albumina** (globular, solúvel no plasma), **insulina** (hormônio proteico globular).

Além dessas duas categorias principais, muitas referências destacam também as **proteínas de membrana** como um grupo à parte. Proteínas de membrana (intrínsecas) geralmente possuem regiões hidrofóbicas extensas e ficam embebidas nas membranas celulares – não são solúveis em água, mas diferem das fibrosas por não formarem fibras alongadas. Elas frequentemente atuam como *receptores* ou *canais* nas membranas biológicas ([Protein - Wikipedia](#)). *Ex:* **proteínas integrais de membrana** como os receptores acoplados à proteína G, canais iônicos e bombas iônicas.

(Resumindo: proteínas fibrosas tendem a ser insolúveis e estruturais; proteínas globulares são solúveis e metabólicas; proteínas de membrana são insolúveis em meio aquoso mas funcionalmente distintas por estarem associadas a membranas.)

Por origem (animal, vegetal, microbiana, sintética)

É possível classificar proteínas com base na **origem ou fonte** de onde são obtidas, especialmente em contextos de nutrição e biotecnologia ([Proteínas: saiba o que é, função, tipos e muito mais!](#)):

- **Proteínas de origem animal** – Obtidas de fontes animais (carnes, leite, ovos, pescados etc). Em geral, proteínas animais são consideradas de *alto valor biológico*, pois fornecem praticamente todos os aminoácidos essenciais em proporções adequadas ([Proteínas: saiba o que é, função, tipos e muito mais!](#)). São *proteínas completas* do ponto de vista nutricional (contêm os 9 aminoácidos essenciais necessários na dieta humana). *Ex:* caseína do leite, albumina do ovo, actina e miosina das carnes.
- **Proteínas de origem vegetal** – Derivadas de fontes vegetais (leguminosas, cereais, oleaginosas, etc). Costumam ter *valor nutricional ligeiramente inferior* no sentido de que muitas são deficientes em um ou mais aminoácidos essenciais ([Proteínas: saiba o que é, função, tipos e muito mais!](#)). Ou seja, proteínas vegetais individuais podem ser *incompletas* em termos de aminoácidos essenciais (por exemplo, trigo é pobre em lisina, leguminosas são pobres em metionina). No entanto, dietas vegetarianas combinam diferentes fontes vegetais para suprir todos os aminoácidos essenciais. *Ex:* proteínas do feijão, soja, lentilha, quinoa, arroz.

- **Proteínas de origem microbiana** – Proteínas produzidas por micro-organismos, como bactérias, leveduras, fungos ou algas (também chamadas de **proteína unicelular** ou *single cell protein*, SCP). Esse termo abrange biomassa microbiana rica em proteínas utilizada como fonte alimentar ou suplemento. Tais proteínas podem servir como alternativa sustentável para alimentação, aproveitando cultivos de micro-organismos para gerar biomassa proteica ([Microbial protein: Significance and symbolism](#)). Ex: **Spirulina** (cianobactéria rica em proteína, usada como suplemento alimentar), proteínas de leveduras (extrato de levedura usado em rações), **micoproteína** de *Fusarium* (fungo) usada em alimentos como o Quorn™, e enzimas industriais produzidas por bactérias recombinantes.
- **Proteínas sintéticas (ou de origem biotecnológica)** – São proteínas obtidas via **processos laboratoriais ou industriais**, incluindo síntese química de peptídeos ou produção biotecnológica em organismos modificados. Muitas vezes o termo se refere a suplementos proteicos processados para consumo. Por exemplo, *whey protein* (proteína do soro de leite em pó) é de origem animal mas produzida industrialmente; já insulina recombinante humana é produzida sinteticamente por bactérias transgênicas. De modo geral, proteína “sintética” implica obtenção por manipulação laboratorial, oferecendo produtos proteicos com composição controlada ([Proteínas: saiba o que é, função, tipos e muito mais!](#)). Essas proteínas são usadas em suplementos alimentares, fórmulas nutricionais ou como biomoléculas recombinantes para pesquisa e terapia. Ex: insulina humana recombinante produzida em *E. coli* (origem biotecnológica), peptídeos sintéticos desenvolvidos como fármacos, suplementos de aminoácidos isolados.

Classificação dos Aminoácidos

Os **aminoácidos** – unidades monoméricas das proteínas – também podem ser classificados por diferentes critérios. As principais classificações consideram: a *necessidade dietética* (aminoácidos essenciais ou não essenciais), as *propriedades químicas das cadeias laterais* (polaridade, carga, estrutura) e a *ocorrência na natureza* (aminoácidos proteinogênicos “naturais” vs. não proteinogênicos “não naturais”).

Essenciais vs. Não essenciais

Do ponto de vista nutricional e metabólico, os aminoácidos usados na síntese proteica dividem-se em dois grupos:

- **Aminoácidos essenciais** – Aqueles que o organismo **não consegue sintetizar** em quantidade adequada, devendo ser obtidos obrigatoriamente pela alimentação ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)). No ser humano adulto, geralmente **9 aminoácidos** são considerados essenciais: **histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina** ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia libre](#)). (Em certas condições, **arginina** também é essencial – p.ex. para

crianças em fase de crescimento ou em recuperação de trauma – já que sua síntese endógena pode não suprir a demanda.) A deficiência de qualquer aminoácido essencial na dieta compromete a síntese de proteínas e funções fisiológicas correspondentes.

- **Aminoácidos não essenciais** – Aqueles que o organismo **consegue produzir** por vias metabólicas (transaminação, ciclo do ácido cítrico, etc.), a partir de precursores ou de outros aminoácidos. **11 aminoácidos** dos 20 padrão se enquadram aqui: **alanina, arginina** (essencial apenas condicionalmente), **asparagina, ácido aspártico** (aspartato), **cisteína, glutamina, ácido glutâmico** (glutamato), **glicina, prolina, serina e tirosina** ([Aminoácidos: o que são, estrutura e tipos - Toda Matéria](#)). Esses não precisam estar presentes na dieta em condições normais, pois o corpo pode produzi-los em quantidade suficiente. Vale destacar que alguns são considerados “semi-essenciais” ou condicionalmente essenciais, pois situações de estresse metabólico podem exigir aporte dietético (por exemplo, glutamina e arginina em certos estados catabólicos).

Para melhor visualização, segue tabela resumindo esses grupos (considerando os 20 aminoácidos proteinogênicos comuns):

Aminoácidos essenciais (9)	Aminoácidos não essenciais (11)
Isoleucina (Ile)	Alanina (Ala)
Leucina (Leu)	Arginina (Arg)
Lisina (Lys)	Asparagina (Asn)
Metionina (Met)	Ácido aspártico (Asp)
Fenilalanina (Phe)	Cisteína (Cys)
Treonina (Thr)	Glutamina (Gln)
Triptofano (Trp)	Ácido glutâmico (Glu)
Valina (Val)	Glicina (Gly)
Histidina (His)	Prolina (Pro)
	Serina (Ser)
	Tirosina (Tyr)

Legenda: Aminoácidos marcados com * (arginina, cisteína, glutamina, tirosina) podem ser considerados **semi-essenciais** – o organismo normalmente os sintetiza, mas em certas fases da vida ou condições podem ser requeridos na dieta.

Por características químicas das cadeias laterais

Quimicamente, os 20 aminoácidos padrão diferem nas propriedades de suas cadeias laterais (grupos **R** ligados ao carbono α). Essas cadeias podem variar em tamanho, forma, polaridade, carga e presença de grupos funcionais específicos, o que permite classificar os aminoácidos em categorias como **apolares, polares, básicos, ácidos, aromáticos**, entre outras. A

classificação mais comum se baseia na *polaridade/carga* do grupo R em pH fisiológico ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)):

- **Aminoácidos apolares (hidrofóbicos)** – Possuem cadeias laterais predominantemente hidrocarbonadas *não polares*, que não interagem favoravelmente com a água. São *hidrofóbicos*, tendendo a se localizar no interior de proteínas globulares (longe do solvente) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). Incluem cadeias alifáticas simples ou aromáticas hidrofóbicas. **Exemplos:** glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina, metionina, fenilalanina, triptofano ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). (Fenilalanina e triptofano também são aromáticos, mas são *não polares*.) Essas cadeias consistem principalmente de carbonos e hidrogênios, sem grupos capazes de formar ligações de hidrogênio com água, tornando-os “repelentes” de ambiente aquoso.
- **Aminoácidos polares neutros (hidrofílicos)** – Cadeias laterais com grupos *polares* (como $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $-\text{CONH}_2$) que interagem bem com a água através de pontes de hidrogênio, mas *sem carga net* em pH ~ 7 . São **polares não carregados**, ou seja, solúveis em água e frequentemente encontrados na superfície das proteínas globulares. **Exemplos:** serina, treonina, asparagina, glutamina, cisteína, tirosina ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). (Tirosina tem um grupo fenólico polar; cisteína tem tiol $-\text{SH}$ que pode formar pontes dissulfeto.) Esses aminoácidos frequentemente participam de interações intermoleculares como pontes de hidrogênio e são quimicamente reativos (por ex., o $-\text{OH}$ de serina/treonina pode ser fosforilado ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#))).
- **Aminoácidos ácidos (carregados negativamente)** – Possuem cadeia lateral com grupo *ácido carboxílico* adicional, o qual fica **desprotonado e carregado negativamente** em pH fisiológico (~ 7). São polares com carga negativa (ânions). **Exemplos:** **ácido aspártico** (aspartato) e **ácido glutâmico** (glutamato) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). Em solução fisiológica, suas cadeias $-\text{COO}^-$ conferem carga -1 a esses aminoácidos ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). Eles podem formar pontes salinas (ligações iônicas) com cadeias básicas e frequentemente coordenar metais em metaloproteínas ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). *Nota:* “Aspartato” e “glutamato” referem-se às formas ionizadas predominantes em pH neutro.
- **Aminoácidos básicos (carregados positivamente)** – Cadeias laterais com grupamentos *básicos* que aceitam prótons, ficando **protonados e com carga positiva** em pH fisiológico. **Exemplos:** **lisina** (grupo ϵ -amino protonado, NH_3^+), **arginina** (grupo guanidínio protonado, carga $+1$) e **histidina** (anel imidazol que pode protonar, frequentemente positivamente carregado parcial) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)). Lisina e arginina geralmente estão com carga $+1$ a pH 7 ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)).

[Functions | Britannica](#)), enquanto histidina tem pKa ~6,0 e pode estar parcialmente protonada em torno do pH fisiológico (atua frequentemente em sítios catalíticos de enzimas, aceitando ou doando prótons). Essas cadeias básicas formam ligações iônicas com resíduos ácidos (pontes salinas) e interagem com ácidos nucleicos (que são polianions).

- **Aminoácidos aromáticos** – Possuem cadeias laterais contendo **anéis aromáticos** (estruturas cíclicas conjugadas). Incluem **fenilalanina, tirosina e triptofano**, que contêm, respectivamente, um anel fenólico (no caso de Tyr) ou indólico (Trp) ligado ao núcleo do aminoácido, ou um anel benzênico puro (Phe). Aromáticos destacam-se por absorverem luz UV (280 nm, especialmente Trp e Tyr, devido aos anéis) e por interações de empilhamento. *Propriedades:* fenilalanina é completamente apolar; tirosina é polar neutra (devido ao –OH no anel fenólico); triptofano é majoritariamente hidrofóbico mas tem um nitrogênio no anel indol que lhe confere alguma polaridade. **Histidina**, embora contenha um anel aromático (imidazol), é normalmente classificada entre os básicos devido à sua capacidade de ionização. Os aromáticos desempenham papel estrutural (interações hidrofóbicas e π-π) e funcional (sítios ativos, absorção UV para quantificação de proteínas).

Outra categorização possível é entre **aminoácidos alifáticos** (cadeia R aberta, não aromática – ex: alanina, valina, leucina) vs. **aromáticos** (já descritos), ou ainda por grupos funcionais específicos presentes: *sulfurosos* (contêm enxofre: cisteína, metionina), *hidroxilados* (com –OH: serina, treonina, tirosina), *amídicos* (com –CONH₂: asparagina, glutamina), *iminoácido* (prolina, cujo grupo R forma um anel pirrolidínico ligado ao nitrogênio – tecnicamente um “iminoácido” pela estrutura cíclica). Essas classificações se sobrepõem, mas ajudam a prever o comportamento químico de cada aminoácido.

Para resumir a classificação pelos grupos R, a tabela a seguir organiza os 20 aminoácidos padrão em categorias (notar que algumas categorias se interceptam, mas cada aminoácido aqui aparece na sua categoria principal):

Categoria (cadeia lateral)	Aminoácidos
Apolares, alifáticos (hidrofóbicos)	Glicina, Alanina, Valina, Leucina, Isoleucina, Prolina, Metionina
Polares neutros (hidrofílicos, sem carga)	Serina, Treonina, Cisteína, Asparagina, Glutamina, Tirosina*
Ácidos (polares carregados –)	Ácido aspártico (aspartato), Ácido glutâmico (glutamato)
Básicos (polares carregados +)	Lisina, Arginina, Histidina
Aromáticos (aneis aromáticos)	Fenilalanina, Tirosina, Triptofano

Obs: Tirosina aparece tanto entre polares neutros (devido ao grupo –OH) quanto entre aromáticos. Histidina tem anel aromático mas é considerada básica. Prolina é apolar alifática, embora estruturalmente distinta (cíclica). Essa tabela simplifica as categorias principais.

Aminoácidos “naturais” (proteinogênicos) vs. “não naturais”

No contexto bioquímico, costuma-se distinguir os aminoácidos **proteinogênicos** – aqueles codificados pelo código genético e incorporados nas proteínas – de todos os demais aminoácidos que não entram na composição direta de proteínas, a menos que por modificações pós-traducionais ou síntese artificial. Podemos chamar genericamente os primeiros de “*aminoácidos naturais*” e os outros de “*não naturais*”, embora haja sutilezas:

- **Aminoácidos proteinogênicos (naturais)** – São os **20 aminoácidos padrões** codificados nos códons do DNA/RNA e utilizados pelas ribossomos para sintetizar proteínas em praticamente todos os organismos (além de dois especiais adicionais encontrados em casos específicos). Esses 20 constituem a “paleta” universal de aminoácidos das proteínas ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia libre](#)). Eles são todos α-aminoácidos na conformação L. Em algumas proteínas, dois aminoácidos extra podem aparecer por incorporação especial: a **selenocisteína** (derivado da serina contendo selênio, considerada o 21º aminoácido) e a **pirrolisina** (derivado de lisina, 22º aminoácido, encontrado em algumas arqueas e bactérias). Esses também podem ser considerados naturais/proteinogênicos, embora não tenham códons dedicados no código genético padrão (selenocisteína é inserida por um códon stop UGA em contextos específicos, e pirrolisina por UAG em certos organismos). Em suma, os aminoácidos naturais incluem os 20 comuns (Gly, Ala, ... Tyr) mais esses casos especiais incorporados nas proteínas de forma genética.
- **Aminoácidos não proteinogênicos (não naturais)** – Englobam **todos os demais aminoácidos** que **não são codificados diretamente no DNA** e não se incorporam nas cadeias polipeptídicas durante a tradução. Alguns ocorrem naturalmente como metabólitos ou componentes de paredes celulares, enquanto outros são análogos sintéticos criados em laboratório. Definição: aminoácidos não naturais são aminoácidos **não proteinogênicos**, ou seja, não fazem parte do código genético padrão, podendo ocorrer naturalmente ou serem sintetizados quimicamente ([Aminoácidos - Sigma-Aldrich](#)). Exemplos de aminoácidos não proteinogênicos *naturais* (encontrados em sistemas biológicos) incluem: **ornitina** e **citrulina** (intermediários do ciclo da ureia, não aparecem em proteínas), **β-alanina** (forma beta do alanina, componente de coenzima A e dipeptídeos como carnosina ([Non-proteinogenic amino acids - Wikipedia](#))), **Ácido γ-aminobutírico (GABA)** (neurotransmissor, um aminoácido gama, não entra em proteínas) ([Non-proteinogenic amino acids - Wikipedia](#)), **ácido α-aminolevulínico** (intermediário na biossíntese do heme e clorofila ([Non-proteinogenic amino acids - Wikipedia](#)))), **D-aminoácidos** como D-alanina e D-glutamato (presentes em peptidoglicano da parede celular bacteriana) ([Non-](#)

[proteinogenic amino acids - Wikipedia](#)). Já exemplos de aminoácidos *sintéticos* (criados em laboratório ou modificados) são: **norleucina** (análogo da leucina), **ácido 2-aminoadípico**, aminoácidos com grupos protegidos ou não usuais incorporados artificialmente em peptídeos, etc. Atualmente, técnicas de biologia sintética permitiram até a inserção de alguns aminoácidos “não naturais” em proteínas por expansão do código genético, criando proteínas com funcionalidades novas ([Non-Proteinogenic Amino Acid - an overview | ScienceDirect Topics](#)).

Em resumo, os **20 (ou 22) aminoácidos proteinogênicos** constituem os “*aminoácidos naturais*” usados na formação das proteínas nos seres vivos. Todos os demais (dos quais existem centenas conhecidos) são *aminoácidos não usuais*, presentes fora das proteínas – seja como metabólitos livres, componentes de antibióticos peptídicos, ou concebidos sinteticamente. Ainda assim, muitos desses desempenham papéis vitais (por exemplo, GABA como neurotransmissor, ornitina no metabolismo de nitrogênio, D-aminoácidos na biologia bacteriana).

Classificação dos Carboidratos

Os **carboidratos** (açúcares, glicídios) podem ser classificados segundo diversos critérios: pelo tamanho/complexidade de sua molécula (mono, di, oligossacarídeos, polissacarídeos), pela função biológica que exercem (energética vs. estrutural) e também pela natureza de seu grupo funcional carbonílico (aldoses vs. cetoses, no caso dos monossacarídeos). A seguir, exploramos cada uma dessas classificações.

Monossacarídeos, Dissacarídeos, Oligossacarídeos e Polissacarídeos (por tamanho da cadeia)

Carboidratos podem existir desde moléculas bem simples até polímeros gigantes. Conforme o número de unidades básicas (monômeros de açúcar) em sua estrutura, eles se classificam em:

- **Monossacarídeos** – São os carboidratos mais simples, constituídos por **uma única unidade** de polihidroxi-aldeído ou polihidroxi-cetona. Não podem ser hidrolisados em açúcares menores. Em geral apresentam entre **3 e 7 átomos de carbono** na cadeia (trioses, tetroses, pentoses, hexoses, heptoses) ([Os principais carboidratos - Brasil Escola](#)). Exemplos: **glicose** ($C_6H_{12}O_6$, uma hexose, principal combustível celular), **frutose** ($C_6H_{12}O_6$, hexose encontrada em frutas), **galactose** (hexose), **ribose** ($C_5H_{10}O_5$, uma pentose, componente do RNA) etc. Os monossacarídeos podem ser classificados *ainda* conforme o grupo funcional presente: se possuem um grupo **aldeído (-CHO)** são chamados **aldoses**; se possuem um grupo **cetona (C=O)**, são **cetoses** ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Por exemplo, glicose é uma **aldo-hexose** (possui aldeído), enquanto frutose é uma **ceto-hexose** (possui cetona). Monossacarídeos de 5 e 6 carbonos tendem a formar estruturas cíclicas (furânozes ou piranozes) em solução aquosa.

- **Dissacarídeos** – Carboidratos formados pela união de **dois monossacarídeos** através de uma ligação glicosídica (ligação éter entre carbonos anoméricos) ([Os principais carboidratos - Brasil Escola](#)). Ao serem hidrolisados, liberam duas unidades monossacarídicas. Exemplos clássicos: **sacarose** (glicose + frutose, açúcar de mesa) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)), **lactose** (glicose + galactose, açúcar do leite), **maltose** (glicose + glicose, resultante da degradação do amido) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Os dissacarídeos servem frequentemente como forma de transporte ou armazenamento de açúcares em plantas (sacarose) e como nutrientes na dieta. Alguns dissacarídeos são **redutores** (possuem extremidade com grupamento carbonílico livre capaz de reduzir agentes oxidantes, como maltose e lactose), enquanto outros são **não redutores** (como a sacarose, onde o carbonílico dos dois monômeros está envolvido na ligação).
- **Oligossacarídeos** – Carboidratos formados pela união de **poucas unidades de monossacarídeos**, tipicamente de 3 até ~10 unidades (acima de 2 e abaixo de polissacarídeos) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Podem ser lineares ou ramificados. Trissacarídeos (3 monômeros) e tetrassacarídeos (4 monômeros) são exemplos de oligossacarídeos específicos. *Exemplos:* **rafinose** (trissacarídeo de glicose+frutose+galactose, encontrado em vegetais), **estaquiose** (tetrassacarídeo), frutano inulina (cadeias de ~n=5-10 frutoses), oligossacarídeos presentes em glicoproteínas e glicolipídios da membrana celular (responsáveis por reconhecimento celular). Os oligossacarídeos, quando ligados a proteínas ou lipídios, formam importantes componentes de membranas (determinantes antigênicos, por exemplo os grupos sanguíneos ABO são oligossacarídeos). Em nutrição, fala-se também de **FOS** (fruooligossacarídeos) e **GOS** (galactooligossacarídeos) como fibras prebióticas.
- **Polissacarídeos** – Carboidratos **complexos, polímeros de alto peso molecular** formados por **dezenas a milhares de monossacarídeos** ligados ([Os principais carboidratos - Brasil Escola](#)). Podem ser lineares ou ramificados e desempenham funções variadas, principalmente de armazenamento de energia ou estruturais. Não têm sabor adocicado como os açúcares simples. *Exemplos:* **amido** (polissacarídeo de reserva de glicose em plantas, composto de amilose linear e amilopectina ramificada), **glicogênio** (polissacarídeo de reserva de glicose em animais, altamente ramificado – armazenado no fígado e músculos) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)), **celulose** (polissacarídeo estrutural linear de glicose presente na parede celular de plantas, confere rigidez) ([Os principais carboidratos - Brasil Escola](#)) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)), **quitina** (polímero de N-acetilglicosamina, forma exoesqueletos de artrópodes e parede celular de fungos). Polissacarídeos podem ser homopolissacarídeos (um único tipo de monômero, como os citados) ou heteropolissacarídeos (mais de um tipo de monômero; ex: **peptidoglicano** bacteriano tem glicose modificada + peptídeos, **ácido hialurônico** tem ácido glucurônico + N-acetilglicosamina).

Em resumo, em ordem crescente de complexidade: **monossacarídeos** (1 monômero), **dissacarídeos** (2 monômeros), **oligossacarídeos** (poucos monômeros, 3–10) e **polissacarídeos** (muitos monômeros, >10). A tabela abaixo resume essa classificação com exemplos:

Tipo de carboidrato	Descrição (nº de monômeros)	Exemplos
Monossacarídeo	1 unidade (oses simples, 3–7 C)	Glicose, Frutose, Galactose, Ribose
Dissacarídeo	2 monossacarídeos ligados	Sacarose (Glu+Fru), Lactose (Glu+Gal), Maltose (Glu+Glu)
Oligossacarídeo	3 a 10 monossacarídeos	Rafinose (Glu+Gal+Fru), Estaquiase, Oligos de inulina, Oligos de glicoproteínas
Polissacarídeo	> 10 monossacarídeos (polímero)	Amido, Glicogênio, Celulose, Quitina, Peptidoglicano

Por função biológica (carboidratos estruturais vs. energéticos)

Carboidratos cumprem duas **funções biológicas principais**: servem como *fonte e reserva de energia* e como *elementos estruturais*. Muitos carboidratos se encaixam em uma dessas categorias (ou ambas):

- **Carboidratos energéticos** – São aqueles utilizados como **combustível metabólico** ou armazenados como **reserva de energia**. Os monossacarídeos, especialmente a glicose, são a principal fonte de energia imediata para as células (via oxidação na glicólise e ciclo de Krebs). Dissacarídeos como a sacarose e lactose também são fontes dietéticas de calorias (sendo rapidamente convertidos em monossacarídeos no organismo) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Já polissacarídeos de armazenamento, como **amido** em plantas e **glicogênio** em animais, atuam como **reserva energética** de longo prazo – podendo ser degradados quando necessário para liberar glicose ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Por exemplo, o amido depositado nos tubérculos e sementes fornece energia para germinação; o glicogênio hepático mantém a glicemia em jejum. Assim, carboidratos energéticos englobam açúcares simples (energia rápida) e polissacarídeos de reserva (energia de reserva). Vale lembrar que 1 grama de carboidrato fornece aproximadamente 4 kcal de energia na dieta.
- **Carboidratos estruturais** – São aqueles que desempenham papel de **suporte ou proteção estrutural** em organismos. O principal exemplo é a **celulose**, um polissacarídeo estrutural que compõe a parede celular das plantas, conferindo rigidez e forma – trata-se do composto orgânico mais abundante na biosfera. **Quitina** é outro polissacarídeo

estrutural, presente no exoesqueleto de insetos, aracnídeos e crustáceos, bem como na parede celular de fungos. Esses polímeros formam fibras ou redes resistentes, pouco suscetíveis à hidrólise (muitos organismos não conseguem digerir celulose, exceto alguns herbívoros com ajuda microbiana). Outros exemplos: **peptidoglicano** (constituente da parede celular bacteriana, provendo forma e proteção osmótica), **glicosaminoglicanos** como ácido hialurônico, condroitina e queratan sulfato (polissacarídeos presentes na matriz extracelular animal, conferindo resistência e elasticidade a tecidos conjuntivos). Mesmo em nível de molécula simples, a ribose (monossacarídeo) tem função estrutural por ser parte do esqueleto do RNA, e a desoxirribose no DNA.

Em suma, carboidratos **energéticos** incluem açúcares solúveis e polímeros de armazenamento que podem ser metabolizados para liberar energia química, enquanto carboidratos **estruturais** incluem polímeros insolúveis que formam estruturas de sustentação nas células e organismos. Muitos organismos utilizam ambos os tipos – por exemplo, uma árvore possui celulose (estrutural) em seu tronco e amido (reserva energética) em suas sementes.

Por grupo funcional (aldoses vs. cетoses)

Esta classificação aplica-se principalmente aos **monossacarídeos** e diz respeito à natureza do grupo funcional **carbonílico** presente na molécula:

- **Aldoses** – Monossacarídeos que possuem um **grupo aldeído ($-CHO$)** em sua estrutura. O carbono carbonílico ($C=O$) fica na **extremidade** da molécula (posição 1 numa forma linear). *Exemplos:* glicose, galactose, ribose, gliceraldeído. A glicose, por exemplo, na forma linear contém um aldeído no C1, sendo chamada de aldo-hexose ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Aldoses em solução frequentemente ciclizam formando um anel hemiacetal (piranoses ou furanoses dependendo do tamanho do anel).
- **Cetoses** – Monossacarídeos que apresentam um **grupo cetona ($C=O$)** em sua estrutura. O carbonilo localiza-se em um **carbono interno** da cadeia (geralmente C2 para açúcares naturais). *Exemplos:* frutose, ribulose, dihidroxiacetona. A frutose é uma ceto-hexose (possui uma cetona no C2 na forma linear) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)). Cetoses formam hemicetais cíclicos em solução (ex: frutose forma um anel de 5 membros, furanose).

A distinção entre aldoses e cетoses é importante em química de carboidratos porque afeta as propriedades reativas. **Aldoses** podem ser facilmente oxidadas (o grupo $-CHO$ pode ser oxidado a ácido carboxílico), por isso açúcares aldoses geralmente são açúcares **redutores** (podem reduzir reagentes como o de Fehling/Benedict, pois o aldeído livre em solução pode ser oxidado). **Cetoses** por si só não têm aldeído livre, mas podem isomerizar em solução para aldoses (via enediol), acabando por também dar resultado positivo em testes de redução após aquecimento (a frutose, por exemplo, dá resultado positivo no teste de Benedict devido à tautomerização parcial em glicose ou manose, que são aldoses). Em termos biológicos, a

distinção importa em vias metabólicas: ex., a glicólise inicia com uma aldose (glicose) e converte em uma cetose (frutose-1,6-bisfosfato) durante as etapas iniciais.

Resumindo: monossacarídeos aldoses têm grupo funcional aldeído (ex.: glicose é uma aldose), enquanto monossacarídeos cetonas têm grupo cetona (ex.: frutose é uma cetose). Essa é uma classificação química básica dos açúcares.

Referências: As informações acima foram compiladas a partir de literatura de Bioquímica e fontes especializadas. Diversos trechos e definições contam com suporte de referências bibliográficas, por exemplo: definição de peptídeo vs proteína ([What Is the Difference Between a Peptide and a Protein? | Britannica](#)) ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia livre](#)), funções das proteínas ([Proteínas: o que são, funções, tipos, resumo - Mundo Educação](#)) ([Función ESTRUCTURAL](#)) ([Función ESTRUCTURAL](#)), classificação por composição e forma ([Proteínas - Toda Matéria](#)), classificação dos aminoácidos por essencialidade e propriedades químicas ([Aminoácido – Wikipédia, a encyclopédia livre](#)) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)) ([Amino acid - Building Blocks, Structure, Functions | Britannica](#)), e classificação dos carboidratos quanto à complexidade e função ([Os principais carboidratos - Brasil Escola](#)) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)) ([Dissacarídeos - Toda Matéria](#)), entre outras. Essas referências corroboram a descrição de cada categoria apresentada.