



Aula 20 – Polímeros e Bioquímica

IME 2021

Professor Thiago Cardoso

Sumário

Sumário	2
Apresentação da Aula	3
<i>Polímeros nas provas do ITA</i>	3
1. Polímeros Sintéticos: Classificação	3
<i>1.1. Estrutura da Cadeia</i>	4
<i>1.2. Quanto à Reação de Preparação</i>	7
2. Exemplos de Polímeros	10
<i>2.1. Polímeros Vinílicos</i>	10
<i>2.2. Polímeros Diênicos</i>	17
<i>2.3. Polímeros de Condensação</i>	23
<i>2.4. Aplicações de Polímeros na Indústria Aeronáutica</i>	31
3. Petroquímica	56
<i>3.1. Destilação do Petróleo</i>	57
<i>3.2. Craqueamento</i>	58
<i>3.3. Reforma Catalítica</i>	58
4. Polímeros Naturais	60
<i>4.1. Gorduras</i>	60
<i>4.1. Glicídios</i>	64
<i>4.2. Proteínas</i>	70
<i>4.3. Ácidos Nucleicos</i>	85
Lista de Questões Propostas	110
Gabarito	124
Considerações Finais	125



Apresentação da Aula

Os polímeros formam uma categoria de substâncias, que se caracterizam por se apresentar na forma de **macromoléculas**, ou seja, moléculas muito grandes.

Nessa aula, estudaremos os polímeros orgânicos, que são classificados em:

- **Polímeros Sintéticos:** denominados genericamente de *plásticos*, são produzidos pelo ser humano através de processos industriais. De maneira geral, possuem estruturas bastante simples, o que indica que o ser humano ainda tem muito a evoluir na pesquisa e síntese desse tipo de material.
- **Polímeros Naturais:** são os polímeros sintetizados pelos seres vivos no seu metabolismo.

Além deles, existem os polímeros inorgânicos, que são conhecidos como **sólidos covalentes**, e já foram estudados no Capítulo sobre o Estado Sólido.

Polímeros nas provas do IME

A meu ver, essa é uma aula para ser revisada às vésperas da prova. Muitos detalhes que você pode esquecer e que podem ser um diferencial para você acertar questões simples rapidamente.

O IME, particularmente, cobra bastante a parte de Polímeros Naturais, com muita ênfase em decorar a categoria a que pertence um composto químico – se é aminoácido, glicídio ou base nitrogenada.

Porém, ultimamente, a banca tem mostrado algumas questões mais engenhosas, cobrando detalhes sobre a Síntese de Proteínas e a Estrutura do DNA e proteínas. Portanto, vamos estudar em um nível razoável. Nada próximo ao que se estuda para um vestibular de Medicina, mas sim algo dentro da realidade que podemos esperar para o IME.

1. Polímeros Sintéticos: Classificação

Os estudos sobre os polímeros se iniciaram por volta do Século XIX, quando se pretendia produzir a seda artificial.

No entanto, o grande desenvolvimento dos plásticos se iniciou no Século XX. Atualmente, os plásticos, fibras sintéticas – como nylon, poliéster, poliamida etc. – e as borrachas sintéticas são muito utilizadas no nosso dia a dia.



1.1. Estrutura da Cadeia

É importante conhecer a diferença entre os polímeros lineares e tridimensionais, pois isso se reflete nas propriedades de ser um material termoplástico ou termofixo.

1.1.1. Polímeros Lineares

A cadeia do polímero cresce em uma única direção.

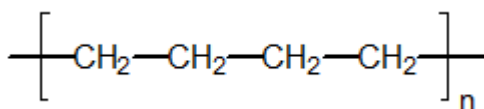


Figura 1: Estrutura do Polietileno – o polímero mais simples

O polímero será considerado linear mesmo quando a cadeia apresenta ramificações, desde que ela não se ligue uma cadeia a outra cadeia vizinha.

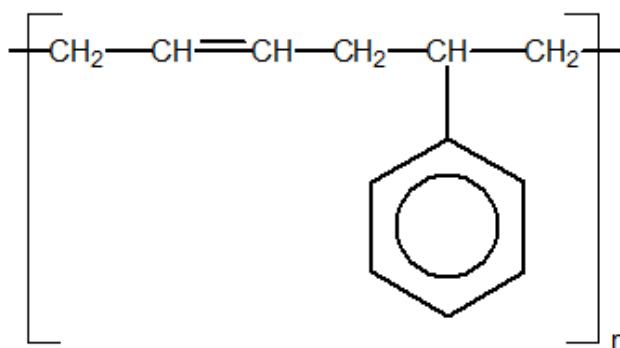


Figura 2: Exemplo de Polímero Linear com cadeia ramificada

Perceba que o que importa para a classificação do polímero como linear é a direção de crescimento da cadeia do polímero. Em ambos os polímeros mostrados, a cadeia só cresce em uma única direção.

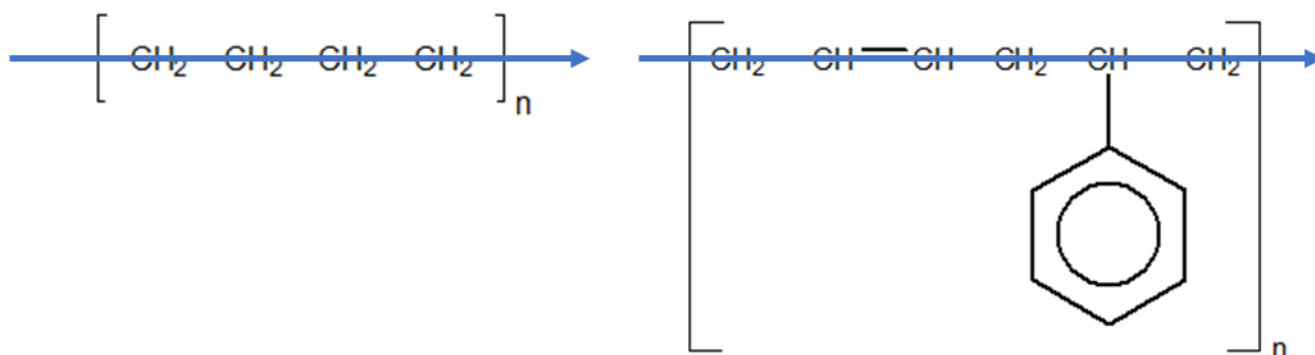


Figura 3: Direção de Crescimento da Cadeia em Polímeros Lineares



A principal propriedade dos polímeros lineares é que eles são **termoplásticos**.

Um polímero termoplástico pode ser amolecido pelo calor e moldados. Quando resfriados, voltam a apresentar as propriedades originais.

1.1.2. Polímeros Tridimensionais

- **Tridimensional:** Nesse caso, a macromolécula se desenvolve em todas as direções. Um exemplo interessante é a borracha vulcanizada.

A borracha natural é, essencialmente, um polímero do isopreno (2-metil-buta-1,3-dieno), que é um polímero linear.

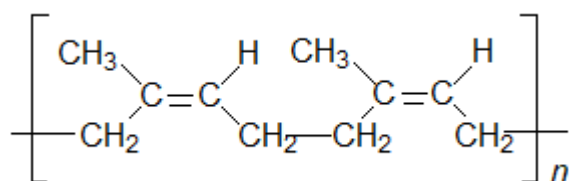


Figura 4: Estrutura do Poli-isopreno

A fim de aumentar a resistência do material, é comum fazê-lo passar pelo processo de **vulcanização**, que consiste em aquecê-la com enxofre. O enxofre adiciona pontes bissulfeto (dois átomos de enxofre) ou trissulfeto (três átomos de enxofre) em algumas das ligações duplas do poli-isopreno.

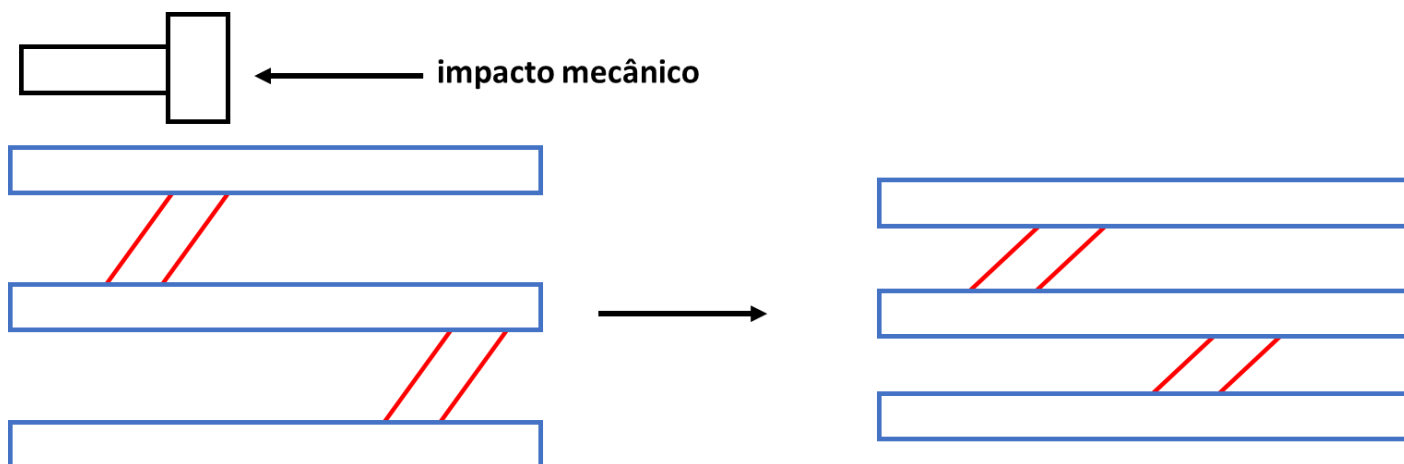


Figura 6: Impacto mecânico sobre uma borracha

A presença das pontes de sulfeto permite que as diferentes cadeias se movam uma relação a outra sem quebrar a cadeia do polímero. A ligação $-S-S-$ pode mudar seu ângulo em relação às cadeias, permitindo que a estrutura se acomode e distribua melhor o impacto mecânico recebido.

Outra propriedade interessante dos polímeros tridimensionais é que, de maneira geral, formam **materiais termofixos**.

Os polímeros termofixos não podem ser moldados pelo calor. Quando aquecidos, sofrem decomposição, perdendo totalmente suas propriedades.

1.2. Quanto à Reação de Preparação

As reações de polimerização são classificadas genericamente em duas categorias:

- Polímeros de Adição;
- Polímeros de Condensação.

1.2.1. Polímeros de Adição

Os polímeros de adição são formados a partir de compostos que possuem ligação dupla entre dois carbonos $C=C$. Essa ligação dupla pode se quebrar, fazendo que cada carbono se ligue a um dos carbonos da molécula vizinha.

Os polímeros de adição se subdividem em duas categorias:

- **Homopolímeros:** quando o polímero é formado pela soma de moléculas pequenas idênticas entre si. Nesse caso, a molécula é chamada **monômero**.



- **Copolímeros:** quando o polímero é a soma de dois ou mais tipos de moléculas diferentes, ou seja, vários monômeros diferentes.

É o caso das borrachas sintéticas, como a Buna-S, que é um copolímero do buta-1,3-dieno com o estireno (etenil-benzeno).

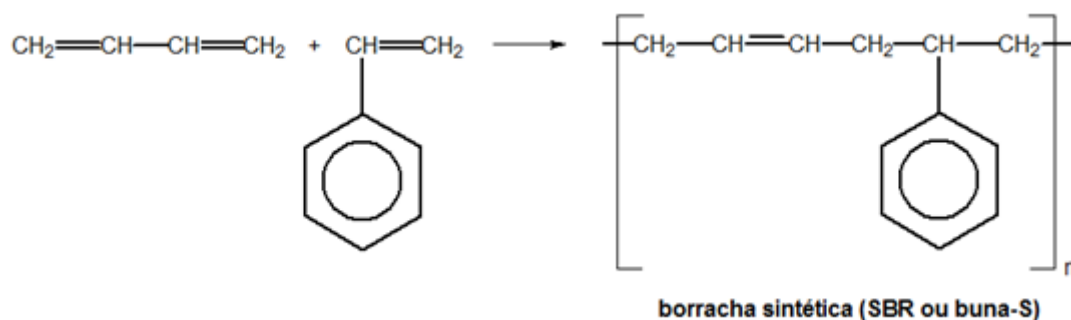
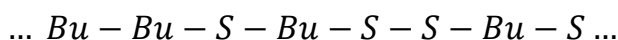


Figura 9: Formação de um copolímero

Um fato interessante é que o tanto o estireno como o buta-1,3-dieno podem se polimerizar de forma independente. Ou seja, é plenamente possível que duas moléculas de buta-1,3-dieno ou que duas moléculas de estireno se aproximem.

Portanto, o copolímero apresenta uma estrutura irregular.



Essa é uma diferença vital para os polímeros de condensação.

1.2.2. Polímeros de Condensação

Os polímeros de condensação são formados quando o polímero é obtido pela soma de dois tipos de moléculas diferentes, que combinam seus grupos funcionais para formar os grupos característicos do polímero.

Em muitos casos, ocorre uma perda de uma pequena molécula, como H₂O. Vejamos a formação de náilon-66.

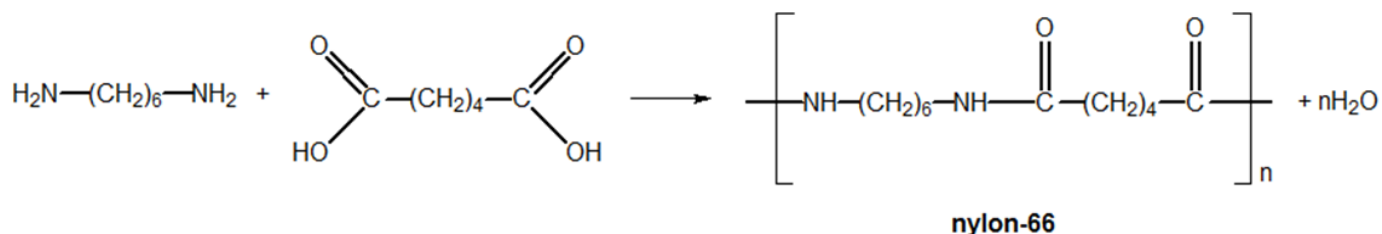


Figura 10: Formação de um polímero de condensação

Observe que o polímero apresenta vários grupos funcionais amida na sua estrutura. Por isso, o náilon-66 é classificado como uma **poliamida**.

Além disso, os grupos amida são formados pela reunião de um grupo amina e um grupo ácido carboxílico das moléculas dos reagentes.

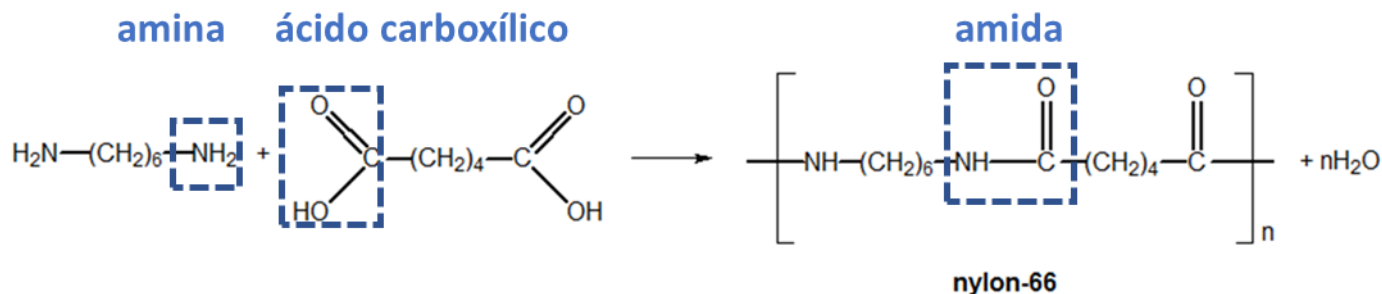


Figura 11: Identificação dos Grupos Funcionais em uma Poliamida

2. Exemplos de Polímeros

Como os polímeros podem ser cobrados pelas suas aplicações, é importante que conheçamos os principais polímeros.

2.1. Polímeros Vinílicos

São os polímeros mais simples. São o resultado da polimerização de grupos vinila, ou seja:

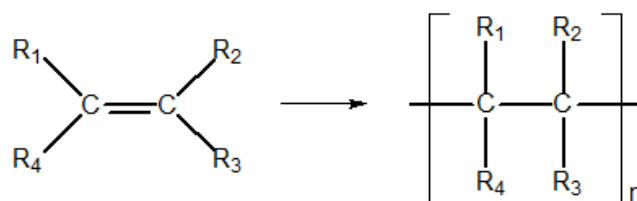


Figura 12: Esquema Geral dos Polímeros Vinílicos

Essa lista inclui materiais muito úteis e de baixíssimo custo.

1. Polietileno

É um dos plásticos mais utilizados no dia-a-dia.

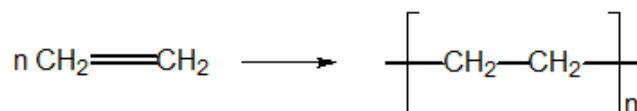


Figura 13: Estrutura do Polietileno

O valor de n varia conforme as condições em que ocorre a reação. A depender de n , pode-se formar o polietileno de baixa densidade ($0,92 \text{ g/cm}^3$ e massa molar em torno de 56 kg/mol) e o polietileno de alta densidade ($0,94 \text{ g/cm}^3$ e massa molar 2800 kg/mol).

Em relação às propriedades do polietileno de alta e baixa densidade, já comentamos logo antes na Seção sobre Polímeros de Adição.

Aplicações: fabricação de folhas (toalhas, cortinas, películas plásticas etc.), recipientes (sacos, garrafas, baldes), canos plásticos, revestimentos de fios, cabos, tubos, brinquedos e utensílios domésticos.

2. Poliestireno

Obtido a partir do vinilbenzeno (ou estireno), apresenta massa molar média de 300 kg/mol e densidade de aproximadamente $1,05 \text{ g/cm}^3$. É conhecido por formar o isopor.

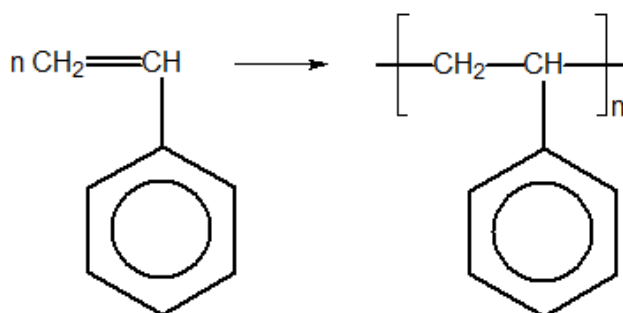


Figura 14: Estrutura do Poliestireno

Entre as propriedades do poliestireno, podemos destacar que ele é quimicamente inerte, um bom isolante térmico e elétrico.

Suas principais aplicações são a fabricação de artigos moldáveis, como pratos, copos e xícaras transparentes – você já deve ter visto algum copo transparente e também o isopor.



CURIOSIDADE

Isopor

Isopor é nome comercial do poliestireno expandido (ou EPS). Para isso, adiciona-se gases a quente, como o pentano, durante o processo de polimerização.

A dispersão de gases no interior do poliestireno o deixa no formato de pequenas esferas.



Figura 15: Esferas de Poliestireno

Quando aquecidos e prensados, as esferas se expandem e acabam se fundindo, ficando no formato do molde empregado.

Uma placa de isopor pronta pode conter até 98% de gases dispersos. Os gases contribuem também para aumentar o efeito isolante térmico do material.

A densidade depende do volume de gases nele dissolvidos. O EPS de menor densidade contém um volume maior de gases. Nesse caso, seu efeito isolante térmico é maior, porém, sua resistência a impactos mecânicos diminui. Pode ser utilizado, por exemplo, para a construção de embalagens térmicas, como as usadas comumente em refrigerantes.

Por outro lado, o EPS de maior densidade contém um volume menor de gases. Nesse caso, o material apresenta maior resistência a impactos mecânicos. É utilizado para a construção de lajes e também para proteger equipamentos durante o transporte.



Figura 16: Isopor utilizado como barreira mecânica para o transporte de equipamentos

O poliestireno é inflamável, porém, no isopor, é comum se acrescentar **óxido de alumínio**, com o efeito de retardante de chamas. Com isso, uma placa de isopor pode queimar, mas não alastra as chamas.

O óxido de alumínio é muito importante, portanto, para reforçar a segurança do material.

3. Policloreto de Vinila (PVC)

Obtido a partir do cloreto de vinila, o PVC apresenta massa molar média entre 50 kg/mol e 100 kg/mol e densidade de aproximadamente 1,39 g/cm³.

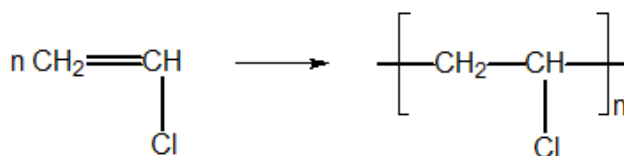


Figura 17: Estrutura do Policloreto de Vinila (PVC)

O PVC apresenta boa resistência química e térmica devido ao elevado teor de cloro. Pode ser processado de duas formas básicas: PVC flexível (mistura de PVC + plastificante) ou PVC rígido (não plastificado).

É um material flexível semelhante ao couro, porém apresenta baixo custo. É denominado *couro ecológico*.

O PVC É um dos plásticos mais presentes no nosso cotidiano. O PVC é um plástico atóxico, resistente, impermeável e não propaga chamas. Além disso, é bastante adaptável.

Suas aplicações mais conhecidas são na construção civil, como na fabricação de canos. Porém, ele pode ser encontrado desde produtos médicos, embalagens de alimentos até peças de alta tecnologia.

- **Produtos médico-hospitalares:** embalagens para medicamentos, bolsas de sangue (sendo o material que melhor conserva o sangue), tubos para transfusão e hemodiálise, artigos cirúrgicos, além de pisos de salas onde é indispensável o alto índice de higiene;
- **Janelas:** oferecem excelente resistência às mudanças de clima e à passagem dos anos, mesmo em ambientes corrosivos (por exemplo, beira-mar), em áreas rurais ou urbanas;
- **Pisos e revestimentos de paredes:** peças decorativas, resistentes e facilmente laváveis;
- **Brinquedos e artigos infláveis:** bolas, bóias, colchões e barcos, etc.;
- **Artigos escolares:** facilmente moldados, têm grande variedade de aspectos (cor, brilho, transparência) e baixo custo;
- **Embalagens:** usadas para acondicionar alimentos, protegendo-os contra umidade e bactérias. Estas embalagens são impermeáveis ao oxigênio e ao vapor, dispensando, assim, o uso de conservantes, preservando o aroma;
- **Tecidos espalmados decorativos e técnicos:** usados principalmente para móveis, vestuários, malas e bolsas;
- **Garrafas para água mineral:** leves e transparentes;
- **Estruturas de computadores:** assim como peças técnicas destinadas à indústria eletrônica;
- **Automóveis:** aplicado a revestimento de interiores devido à sua facilidade de moldagem e de manutenção;
- **Tubos e conexões:** utilizados na canalização de água (potável ou não) e esgotos, pois são resistentes e facilmente transportados e manipulados graças ao seu baixo peso. No caso da água potável evita contaminações externas e previne perdas por vazamento, devido à fácil e eficiente soldagem entre os tubos e as conexões. Também são muito utilizados em sistemas de irrigação, de redes subterrâneas e de superfícies a tubulações e filtros para poços profundos e minas, além de redes de drenagem agrícolas e de estradas;
- **Mangueiras:** são flexíveis, transparentes e coloridas;



- **Laminados:** utilizados para embelezar e melhorar painéis de madeira e metal. Resistem bem ao tempo, aos raios ultravioletas, à corrosão e à abrasão;
- **Laminados impermeáveis:** utilizados em piscinas, túneis, tetos, etc e também para a impermeabilização de aterros sanitários, protegendo o solo e lençóis freáticos;
- **Frascos para acondicionar cosméticos e produtos domésticos:** por sua impermeabilidade e resistência a produtos químicos e ótima relação custo benefícios na hora da troca de moldes, além de facilitar o design;
- **Móveis de jardim:** têm grande resistência às variações climáticas e são de fácil manutenção.

4. Teflon

O teflon é obtido a partir do tetrafluoroetileno, apresenta massa molar média de 500 kg/mol a 5 000 kg/mol e densidade de cerca de 2,2 g/cm³.

O teflon é quimicamente inerte, elevada resistência térmica, baixo coeficiente de atrito e baixa aderência.

É utilizado em isolamento elétrico, revestimento de equipamentos químicos, antenas parabólicas, válvulas, torneiras, revestimento anti-aderente de panelas e frigideiras e na fabricação de órgãos artificiais.

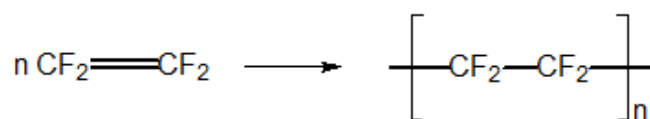


Figura 18: Estrutura do Teflon



Figura 19: Panela com forro em teflon e cabo em baquelite

5. Polipropileno

Obtido a partir do propileno ou propeno, apresenta massa molar média de 80 a 500 kg/mol e densidade de 0,9 g/cm³.

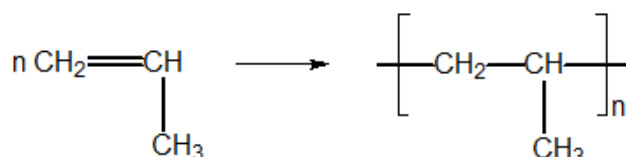


Figura 20: Estrutura do Polipropileno

O polipropileno é incolor, quimicamente inerte, baixa densidade, boa resistência térmica e elétrica e ao impacto. Por ser mais duro e mais resistente ao calor que o polietileno, é utilizado na fabricação de fibras, filamentos e equipamentos médicos.

6. Poliacetato de Vinila (PVA)

É preparado pela polimerização do poliacetato de vinila.

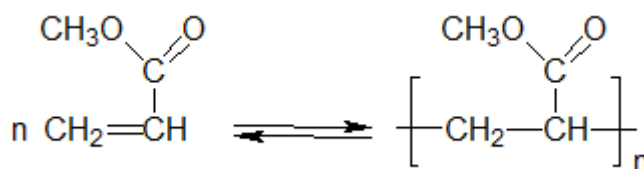


Figura 21: Estrutura do Poliacetato de Vinila (PVA)

É utilizado na fabricação de gomas de mascar, adesivos para madeira e cola branca.

7. Poliacrilonitrila (orlon)

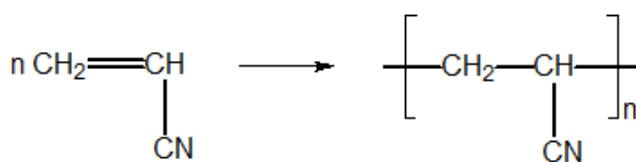


Figura 22: Estrutura do Orlon

É utilizado na fabricação de fibras, como substituto da lã. É muito utilizado para a fabricação de malhas de inverno.

Além disso, pode ser fiada com o algodão, seda ou lã, produzindo outros tecidos, como o craion, dralon e o acrilan, também empregados para a produção de roupas de inverno.



Figura 23: Suéter em Orlon

2.2. Polímeros Diênicos

O buta-1,3-dieno pode também sofrer uma polimerização 1,2. Nesse caso, o produto formado não é considerado um polímero diênico, pois não apresenta as duplas ligações no meio da estrutura crescente, mas sim apenas como uma ramificação. Vejamos

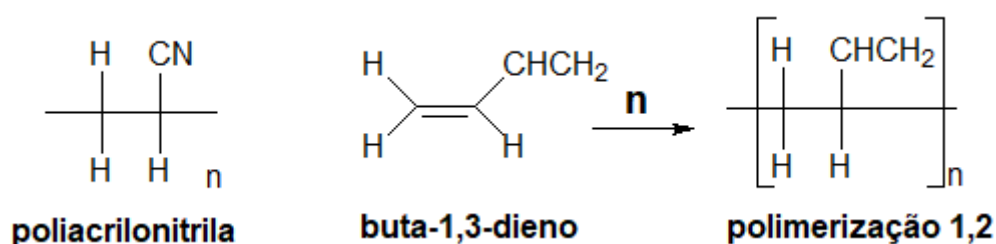


Figura 24: Polimerização 1,2 do buta-1,3-dieno

A polimerização diênica é caracterizada por uma adição 1,4, conforme o esquema ilustrado na Figura 25.

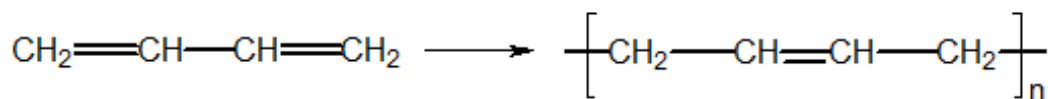


Figura 25: Esquema Geral de Polimerização de Dienos

Uma característica dos polímeros diênicos é que eles possuem duplas ligações no meio da estrutura. Por causa dessas ligações, eles podem sofrer o processo de **vulcanização**.

A vulcanização da borracha é um processo criado por Charles Goodyear (1800-1860). Nesse processo, as duplas ligações da borracha natural são quebradas e duas filar de borracha se ligam por um átomo de enxofre –S–.

A quantidade de enxofre a ser adicionado à borracha depende da aplicação. Quanto mais enxofre for adicionado, mais tridimensional fica a estrutura do polímero, conferindo maior resistência.

- **1,5% de enxofre:** são as borrachas utilizadas em câmaras de ar pneus;
- **2 a 10% de enxofre:** a borracha comum.
- **30% de enxofre:** forma-se a ebonite, que é um material muito duro e resistente, porém pouco elástico. É utilizada em revestimentos protetores de máquinas e aparelhos das indústrias químicas.

No processo de reciclagem, é comum a **desvulcanização da borracha**, que consiste na quebra das ligações bissulfeto.

Essa quebra é essencial para a reciclagem, pois permite converter a estrutura tridimensional da borracha vulcanizada na estrutura linear original, que pode ser, então, reutilizada para outros fins. Pode, por exemplo, sofrer os processos de adição de acrilonitrila ou estireno, para modificar o tipo de borracha.

Um dos métodos mais antigos de desvulcanização utiliza o aquecimento do material sob pressão, com o uso de butan-2-ol. Porém, existem outros métodos modernos, que podem utilizar até mesmo micro-ondas e bactérias.

8. Poli-isopreno (borracha natural)

O isopreno (2-metil-buta-1,3-dieno), quando polimerizado, produz um polímero parecido com a borracha natural.

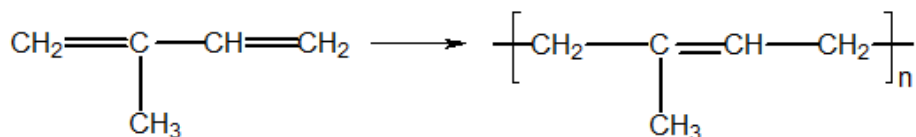


Figura 26: Estrutura do Poliisopreno

A borracha natural é produzida a partir do látex, que é uma secreção esbranquiçada extraída de algumas plantas, como a papoula, a seringueira e o mamoeiro.

Quando riscadas no caule, as plantas liberam o látex, que reage com o oxigênio do ar, produzindo um muco que auxilia na cicatrização do tecido vegetal. O látex também serve como meio de defesa contra insetos herbívoros.

O látex é composto por uma mistura de proteínas, alcaloides, açúcares, óleos e aproximadamente 35% de hidrocarbonetos, destacando-se o isopreno.

O Brasil já foi um dos maiores produtores mundiais de borracha, respondendo por 97% da produção mundial em 1900. Porém, atualmente, fornece apenas 1% da borracha utilizada no mundo. Atualmente, a seringueira é cultivada principalmente na Malásia.



Figura 27: Extração do Látex da Seringueira

9. Neopreno

O neopreno é, na verdade, um polímero do cloropreno (2-cloro-buta-1,3-dieno). O cloropreno é produzido a partir do acetileno.

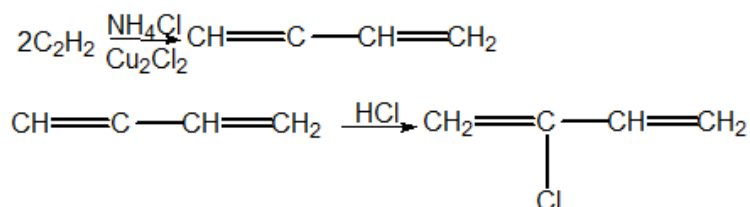


Figura 28: Síntese de Cloropreno

A seguir, a polimerização.

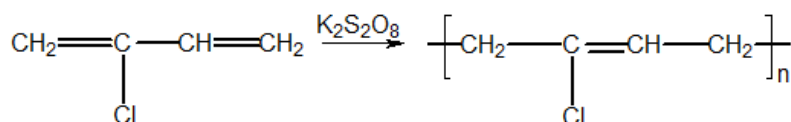


Figura 29: Estrutura do Neopreno

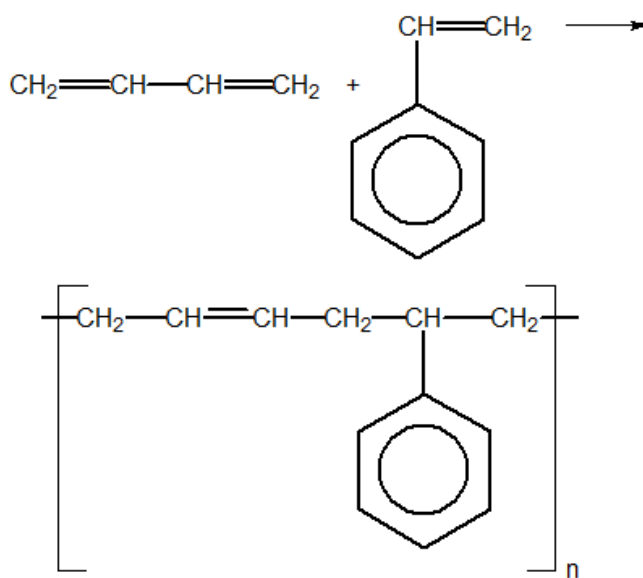
Propriedades: é viscoso, mas não é pegajoso. Quando vulcanizado, torna-se mais resistente ao calor e a reagentes químicos que a borracha natural. Apresenta baixa inflamabilidade.

Aplicações: isolante elétrico e revestimento para objetos em contato com a água do mar, como roupas de mergulho.

10. Bunas

A polimerização do 1,3-butadieno produz borrachas de qualidade pouco satisfatória. Por isso, é comum polimerizá-lo com outros monômeros, formando copolímeros.

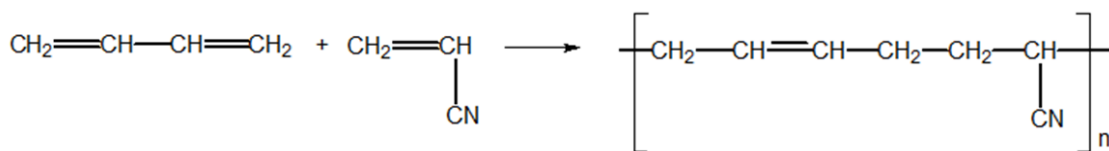
As borrachas resultantes formam as chamadas bunas, em referência ao Bu (1,3-butadieno) e Na (sódio metálico utilizado como catalisador). Entre as bunas, podem-se destacar: a buna-S (formada com o estireno, em inglês, *styrene*) e a buna-N (formada pela acrilonitrila).



borracha sintética (SBR ou buna-S)

Figura 30: Estrutura da buna-S ou SBR

Quando vulcanizada, a buna-S apresenta menor resiliência quando submetida a uma deformação elástica. É utilizada nas bandas de rodagem de pneus, solados e cabos de isolamento.



buna-N ou perbunan

Figura 31: Estrutura da buna-N ou perbunan

A buna-N apresenta baixa resiliência e alta resistência a solventes apolares. Quando reforçada com negro-de-fumo, torna-se resistente ao atrito, ao calor e à variação de temperatura. É utilizada em mangueiras, gaxetas, revestimento de tanques e de válvulas que entram em contato com a gasolina e outros fluidos apolares.

11. Saran

Saran é um nome genérico para polímeros obtidos a partir do cloreto de vinilideno com outros monômeros. Um dos mais conhecidos é com o cloreto de vinila.

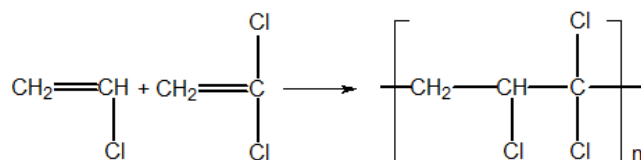


Figura 32: Estrutura do Saran

O saran é muito resistente aos agentes atmosféricos e a solventes apolares. Forma películas finas e transparentes.

É usado em folhas para embalar alimentos (papel-filme) e plásticos para estofamento de bancos de automóveis.

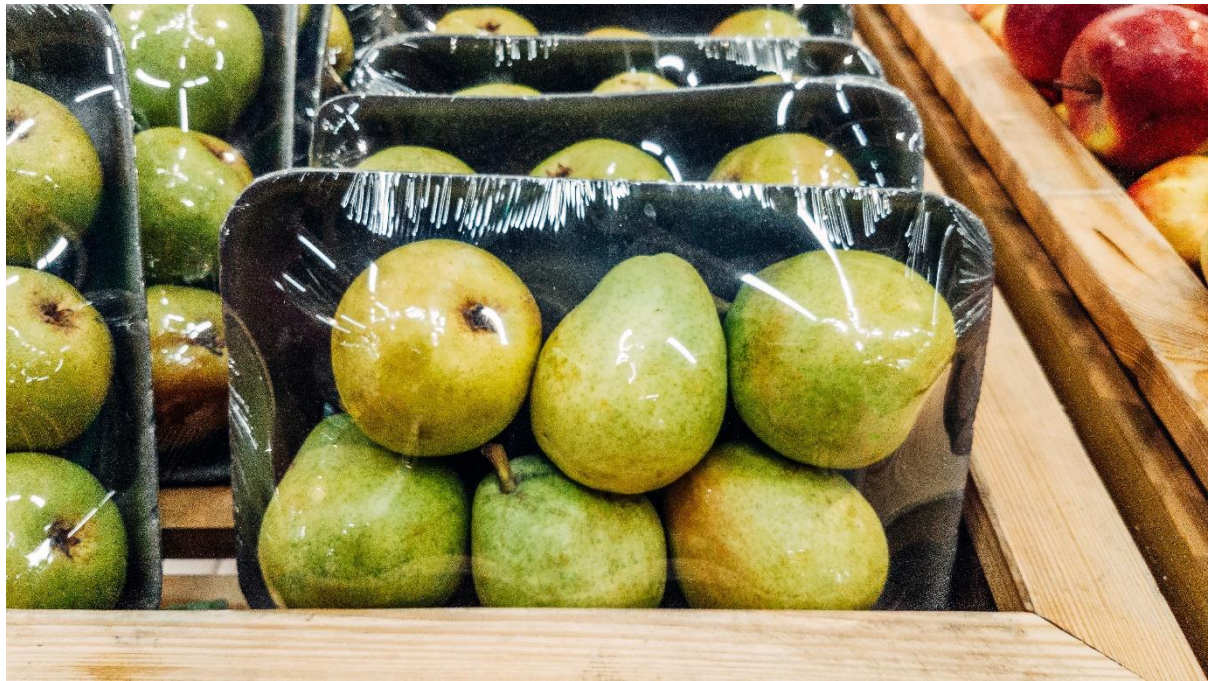


Figura 33: Em geral, o papel-filme é fabricado em PVC, mas o saran também pode ser utilizado para esse fim.

12. ABS

O ABS é um copolímero formado pela acrilonitrila (**A**), 1,3-butadieno (**B**) e pelo estireno (**S**).



Figura 34: Grãos de ABS

O ABS elevada resistência térmica, elétrica e mecânica. É utilizado na fabricação de painéis de automóveis, telefones, invólucros de aparelhos elétricos e embalagens.

Cuidado: não confunda com o freio ABS. Nesse caso, o nome ABS vem de Anti-break system, um sistema eletrônico desenvolvido pela Bosch.

2.3. Polímeros de Condensação

Os polímeros de condensação mais importantes são: poliamidas, poliésteres e policarbonatos.

13. Policarbonato

O policarbonato é um polímero preparado pelo fosgênio ($COCl_2$) e pelo *p*-isopropileno-difenol (bisfenol A), com eliminação de cloreto de hidrogênio.

Os policarbonatos são, na verdade, poliésteres do ácido carbônico.

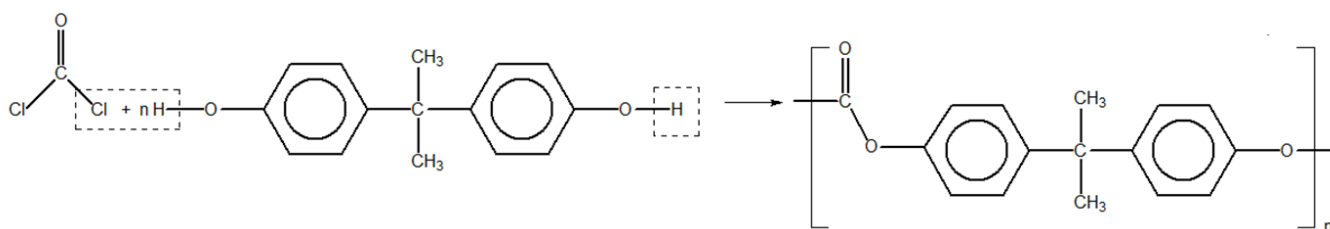


Figura 35: Estrutura do Policarbonato

Como não é possível realizar a esterificação diretamente com o ácido carbônico, é necessário utilizar o

O policarbonato é semelhante ao vidro, porém altamente resistente ao impacto. É utilizado para fabricar materiais leves e resistentes.

É muito utilizado em vidros à prova de bala, pára-brisas, lentes de óculos de sol, CDs, equipamentos de raios X e janelas de segurança.



Figura 36: Telhado de Policarbonato

14. Poliamidas (nylon)

O náilon mais comum é formado pelo ácido adípico (hexanodióico) e a 1,6-hexanodiamina. Devido à quantidade de carbonos do ácido e da amina, diz-se que o náilon formado é o náilon-66.

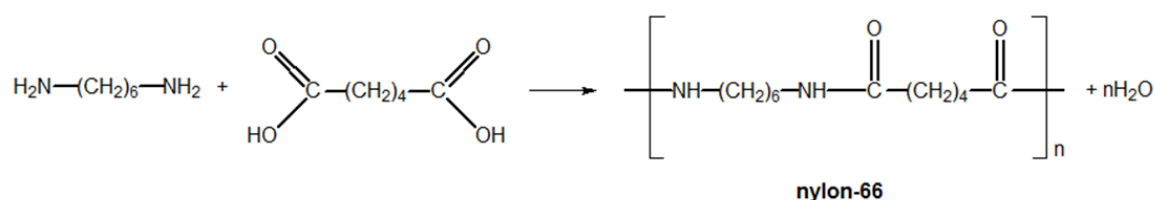


Figura 37: Estrutura do Náilon-66

A aplicação mais conhecida das poliamidas é na fabricação de roupas esportivas, em que formam tecidos muito leves. Porém, o náilon também é utilizado para a fabricação de fios de pesca e de cordas grossas.

- **Propriedades:** o náilon bastante resistente à abrasão e ao ataque químico. É forte e facilmente moldável. Apresenta baixo coeficiente de atrito e não propaga o fogo.
- **Aplicações:** rolamentos sem lubrificação, engrenagens, pneumáticos, embalagens, fibras têxteis, fios de pesca, tapetes, meias, cerdas de escovas e acessórios elétricos.

15. Kevlar

Outra poliamida importante é o kevlar, formado pelo ácido tereftálico (p-benzenodióico) e pela p-benzenodiamina.

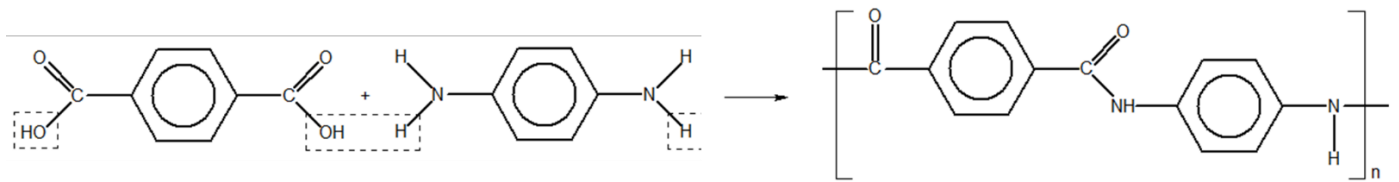


Figura 38: Estrutura do Kevlar

- **Propriedades:** excelente resistência ao impacto, ao ataque químico e ao fogo. O material só se queima a uma temperatura de 1000°C. Seus vapores não são tóxicos.
- **Aplicações:** coletes à prova de bala, chassis de carros de corrida, roupas de astronautas e peças de aviões.

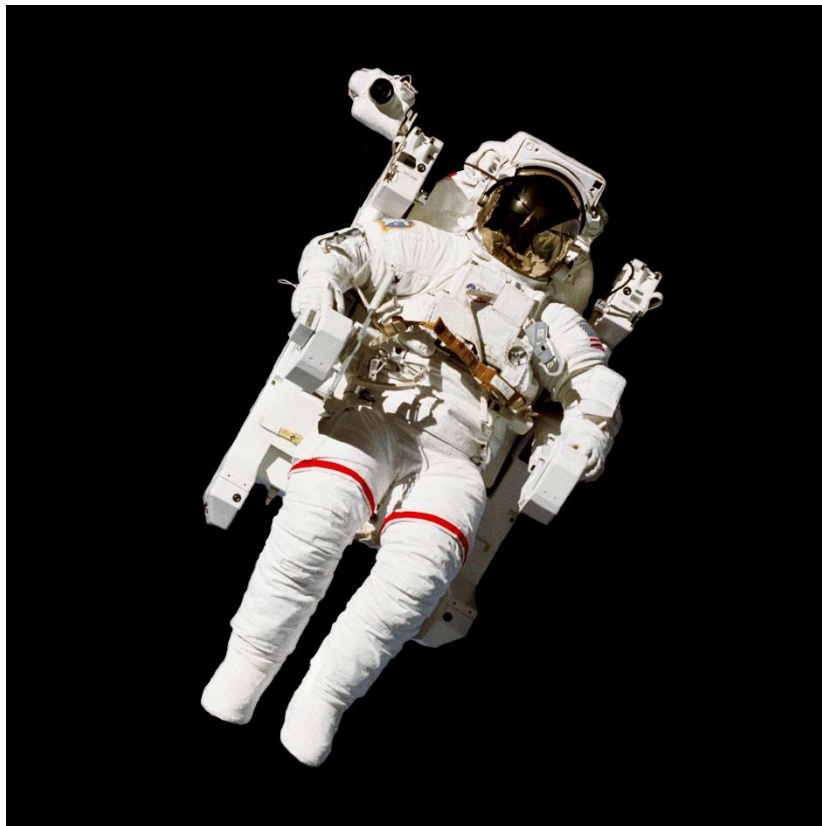


Figura 39: Astronauta com um Macacão de Kevlar

16. Politereftato de etileno (PET)

Produzido a partir do ácido tereftálico (p-benzenodióico) e do etilenoglicol (1,2-etanodiol), o PET é um polímero muito fino e resistente. Estima-se que 2 quilogramas de pasta PET possam produzir um filamento longo o suficiente para dar a volta ao planeta Terra.

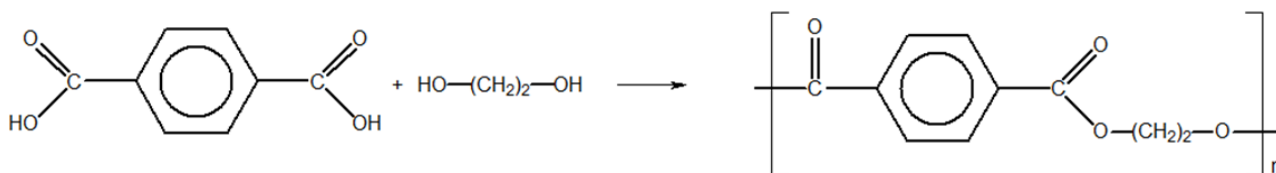


Figura 40: Estrutura do PET

- **Propriedades:** baixo custo de processamento, resistência térmica, mecânica e química. É transparente e brilhante.
- **Aplicações:** é um dos plásticos mais importantes do dia-a-dia.

Na construção civil, é utilizado em massas para reparos e em laminados. Além disso, podem-se citar esquis, linhas de pesca, fibras têxteis e garrafas plásticas (garrafas PET).

Quando misturado ao algodão, forma o tecido conhecido como tergal ou, ainda popularmente, poliéster.

Na medicina, é utilizado na fabricação de válvulas cardíacas e como protetor para facilitar a regeneração de tecidos que sofreram queimaduras, pois não causa alergias.

17. Resina Epóxi

A resina epóxi é preparada pelo *p*-isopropilendifenol (bisfenol A) e o 1-cloro-2,3-epoxipropano (epicloridrina).

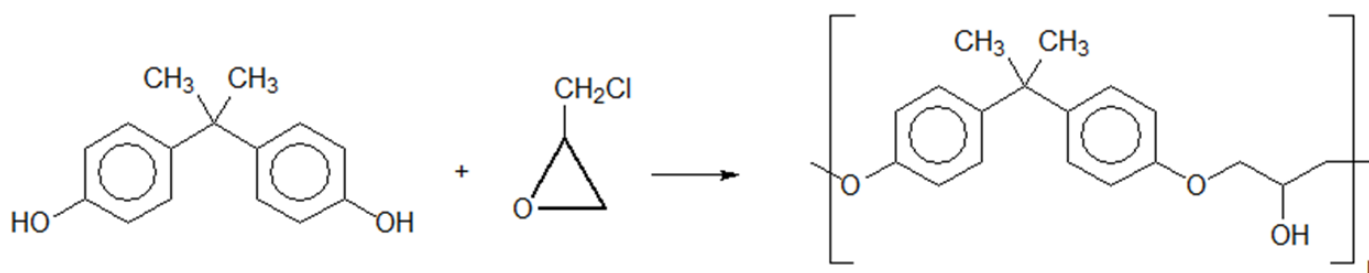
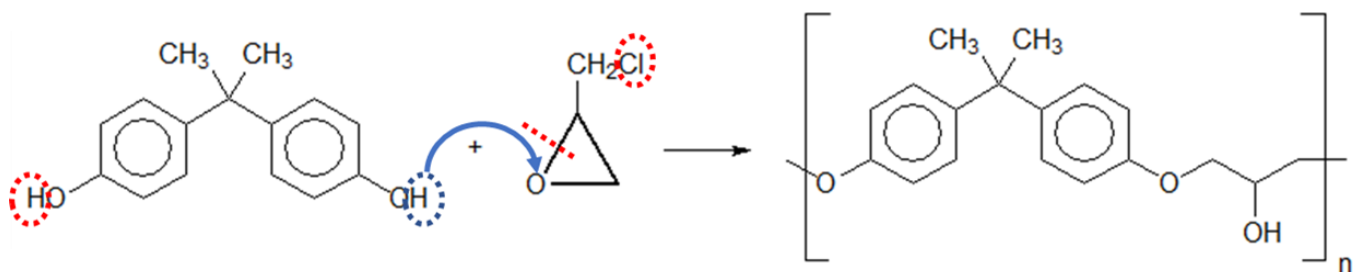


Figura 41: Reação de Formação da Resina Epóxi a partir do Bisfenol-A e da Epicloridrina

Podemos visualizar essa reação de polimerização um pouco melhor, observando a perda de uma molécula de HCl e a transferência de um hidrogênio dos grupos -OH do bisfenol-A para o grupo epóxi da epoxiclorigrina.



RESUMINDO

Lembre-se que os epóxi podem ser produzidos a partir de alcenos. Na primeira etapa, produz-se uma halodrina pela adição de HOCl (ácido hipocloroso). A seguir, faz-se a eliminação de HCl.

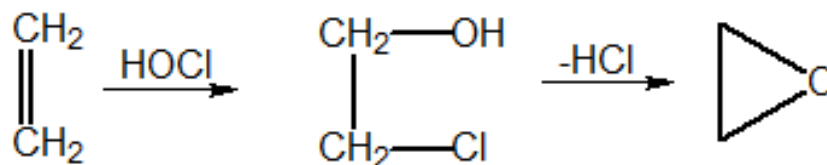


Figura 42: Síntese de Epóxi

A resina epóxi é um polímero muito importante, porque é utilizado em aviões e foguetes.

18. Poliuretano

É obtido pela condensação do diisocianato de parafenileno com o etilenoglicol (1,2-etanodiol). É o único polímero de condensação, cuja reação não provoca a liberação de pequenas moléculas.

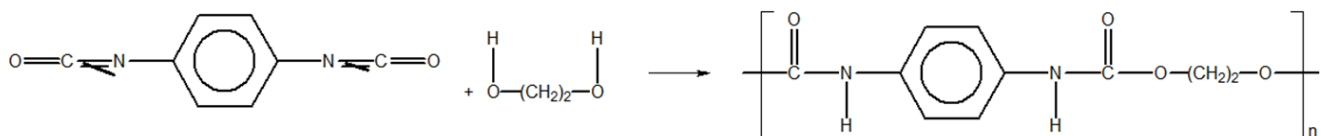


Figura 43: Estrutura do Poliuretano

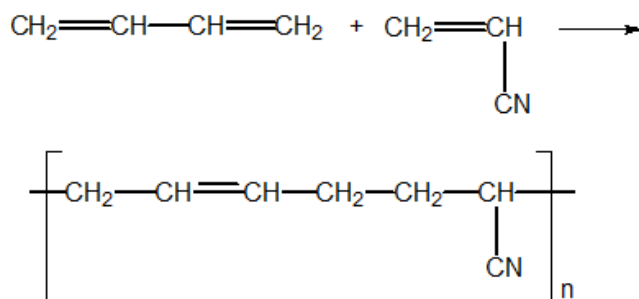


PRESTE MAIS
ATENÇÃO!!



O poliuretano é um polímero de condensação em que não ocorre a perda de uma molécula pequena. Por isso, ele também é chamado de **polímero de rearranjo**.

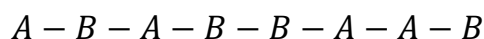
Não se deve confundir o poliuretano com um copolímero de adição. No caso de um copolímero, nada impede que a estrutura seja irregular. Tome como exemplo a buna-N, formada por dois monômeros.



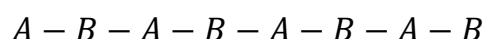
buna-N ou perbunan

Figura 44: Estrutura da buna-N ou perbunan

Tome, por exemplo, o 1,3-butadieno como A e a acrilonitrila como B. Nada impede que, na estrutura, apareça uma sequência irregular entre os monômeros, por exemplo:



No entanto, isso é impossível de acontecer com o poliuretano devido à natureza da reação de formação. O poliuretano sempre apresentará a estrutura regular:



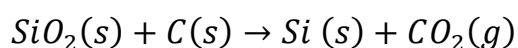
Em relação ao poliuretano, podemos destacar suas:

- **Propriedades:** elevada resistência térmica e mecânica, principalmente à abrasão. Quando expandido a quente, por meio de gás, forma uma espuma.
- **Aplicações:** usado em isolamentos, aglutinantes de combustível de foguete, revestimentos internos de roupa, espumas para estofado, pranchas de surfe, couros sintéticos.

19. Silicones

São polímeros do silício. Um dos mais importantes é obtido pela condensação do dicloro-dimetil-silano.

O silício é obtido pela reação da sílica, presente na areia, com carvão coque.



A seguir, o silício pode reagir com o cloreto de metila para formar o monômero dicloro-dimetil-silano. Outro monômero comum é o dicloro-difenil-silano, que pode ser produzido pela reação do silício com o cloreto de fenila.

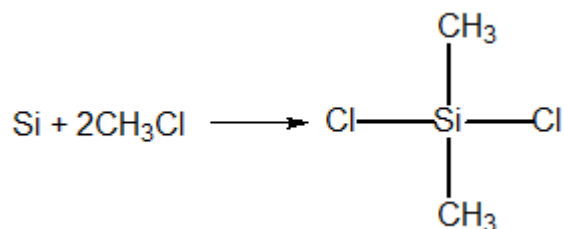


Figura 45: Formação do Dicloro-dimetil-silano

Esses monômeros condensam com a água para formar polímeros, liberando cloreto de hidrogênio.

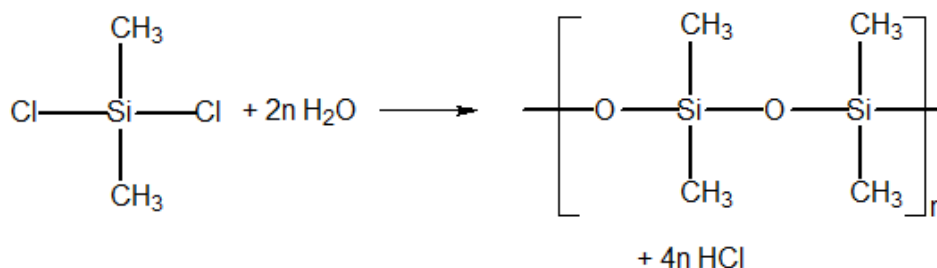


Figura 46: Estrutura do polidimetil-siloxano

- **Propriedades:** os polímeros de silicone podem ser obtidos tanto na forma de óleos de viscosidade variável como na forma de borrachas.

As borrachas de silicone são polímeros mistos, orgânicos e inorgânicos.

Apresentam custo elevado, mas a excepcional resistência ao calor torna essas borrachas especialmente indicadas para aplicações a temperatura elevada. Além disso, são pouco inflamáveis e atóxicas.

Os silicones são antiadesivos e antiespumantes, sendo bastante adequados para o uso como **lubrificantes**.

- **Aplicações:** lubrificação de moldes, vedação de janelas, produtos cosméticos, próteses para cirurgias plásticas e resinas encapsulantes.

As borrachas de silicone de alta resistência são utilizadas em equipamentos industriais e em peças de automóveis.



Figura 47: Prótese de Silicone usada em cirurgias plásticas

20. Baquelite ou resina fenol-formaldeído

É um polímero obtido pela reação entre o fenol e o metanal.

Em meio ácido com excesso de fenol e aquecimento, o polímero obtido é predominantemente linear, portanto, termoplástico, e de massa molar relativamente baixa. Denomina-se resina Novolac.

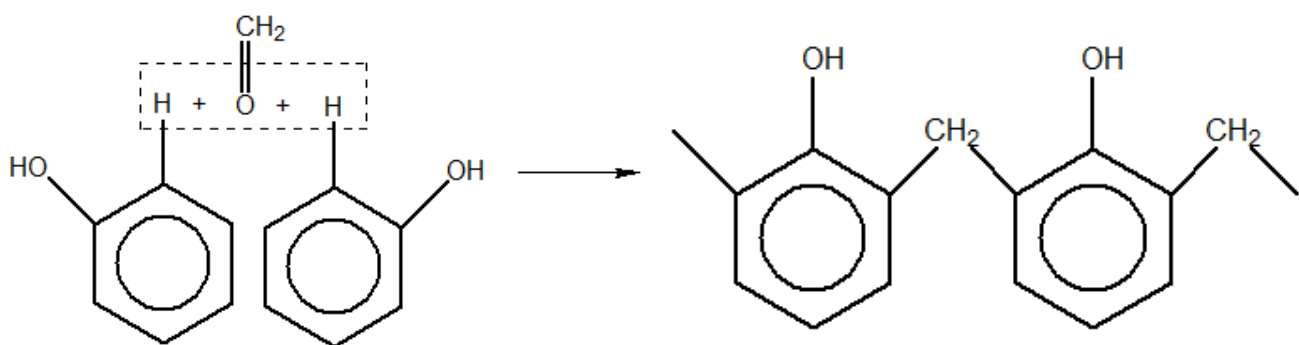


Figura 48: Estrutura da Baquelite Termoplástica (Novolac)

Em meio básico, dependendo do estado de aquecimento, pode-se obter a resina Resit, que é termofixa, devido ao crescimento em todas as direções da estrutura do polímero.

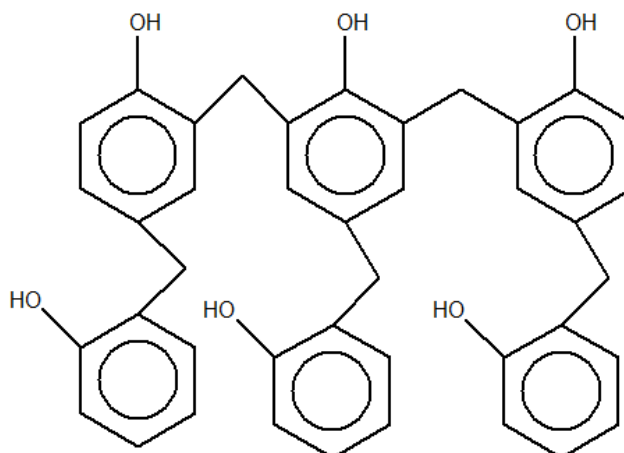


Figura 49: Estrutura da Baquelite Termofixa (Resit)

- **Propriedades:** resistência mecânica, química e térmica. Baixo custo.
 - **Aplicações:** é empregada na composição de diversos revestimentos, como tintas e vernizes.
- A resina termofixa é utilizada em cabos de painéis, interruptores de luz, tomadas e plugues.

2.4. Aplicações de Polímeros na Indústria Aeronáutica

Os polímeros são materiais muito leves e resistentes, por isso, são bastante utilizados pela indústria aeronáutica para a construção da estrutura dos aviões.

Vamos comentar um pouco sobre os principais polímeros utilizados em um avião. Recomendo que você dê uma atenção especial a ela, se você pretender fazer o vestibular do ITA. Sabemos que A de ITA é Aeronáutica, portanto, é bastante possível que apareçam questões cobrando diretamente aplicações dos polímeros nessa indústria.

Toda a parte transparente do avião – para-brisas e as janelas – são feitas de **policarbonato**. Entre as vantagens do policarbonato em relação ao vidro, podemos citar:

- Apresenta resistência a impactos 250 vezes superior;
- É mais leve, portanto, aceita uma estrutura de fixação mais delgada;

Em contrapartida, o policarbonato apresenta coeficiente de dilatação térmica linear maior que o do vidro. Como o avião enfrenta bruscas oscilações de temperatura – acima de 10 mil pés, a



temperatura é bem mais fria – isso requer bastante atenção à construção das estruturas de fixação, a fim de prevenir que o polímero trinque.



Figura 50: As janelas e o para-brisa dos aviões é constituído de fibra de vidro ou policarbonato

Em alguns casos, é feita uma mistura do vidro ao policarbonato, constituindo um material conhecido como **fibra de vidro**.

O kevlar é também um polímero muito importante para o projeto das roupas dos pilotos de avião, em especial, dos pilotos de caça e também dos astronautas.





Figura 51: Os macacões de pilotos de avião e astronautas são feitos de kevlar

A fibra de carbono é sintetizada a partir da poliacrilonitrila. Possui propriedades semelhantes ao aço, sendo inclusive mais duro e mais resistente, e é leve como a madeira ou plástico.

A fibra de carbono reforçada é o resultado da adição de resina epóxi termofixa à fibra de carbono.

A fuselagem dos aviões em geral e boa parte de suas peças externas, como asas, flaps e cauda, podem ser feitas com fibra de carbono.

Como sabemos que o A de ITA é de Aeronáutica, segue uma lista dos principais polímeros utilizados nessa indústria:

- **Kevlar;**
- **Policarbonato:** produção de fibra de vidro;
- **Resina Epóxi:** produção de fibra de carbono
- **Poliacrilonitrila:** produção de fibra de carbono.





HORA DE
PRATICAR!

1. (ITA – 2020 – 2ª Fase – questão difícil)

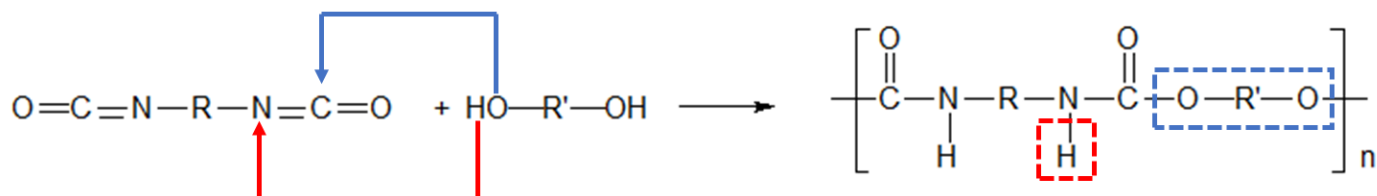
A produção de borrachas e espumas é comumente realizada pela síntese de poliuretanos. Para tal produção, a polimerização ocorre a partir de um polioli e um isocianato.

- a) Apresente a(s) reação(ões) químicas da polimerização e formação de poliuretano a partir de um diol e um diisocianato.
- b) A água, quando presente no meio, gera reação(ões) paralela(s) e é determinante na produção de espumas. Apresente essa(s) reação(ões)

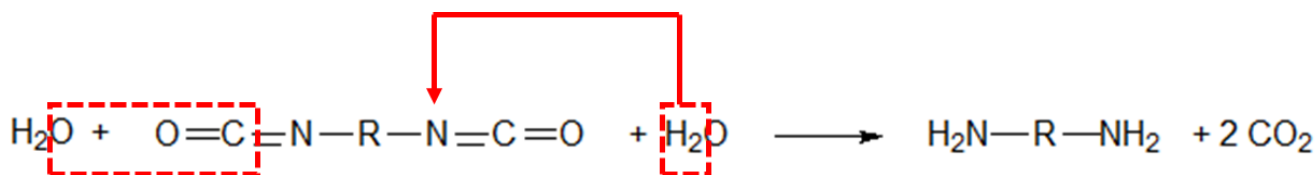
Comentários:

- a) O ITA resolveu cobrar uma das polimerizações mais difíceis.

A reação de polimerização entre um diol e um diisocianato é uma polimerização de condensação, porém, não há perda de molécula de água. O que acontece é que o **H** do diol se liga ao nitrogênio do isocianato e o **O** do diol se liga ao carbono, formado um interessante composto, que apresenta uma função éster e uma função amida condensadas na mesma carbonila (grupo C = O).



- b) As reações de hidrólise de compostos nitrogenados tendem a produzir aminas.

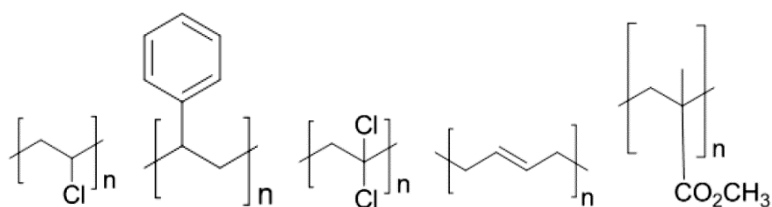


Gabarito: discursiva

2. (IME – 2019 – 1ª Fase)

Considere as representações, não identificadas, dos seguintes polímeros: polibutadieno, poliestireno, poli(cloreto de vinila), poli(metacrilato de metila) e poli(cloreto de vinilideno).





Com base nessas estruturas, avalie as sentenças a seguir:

- I. O poli(cloreto de vinilideno) apresenta isomeria óptica enquanto o poli(cloreto de vinila) não apresenta isomeria óptica.
- II. O polibutadieno pode apresentar estereoisômeros cis e trans.
- III. A massa molar do mero do poliestireno é maior do que a do mero do polibutadieno.
- IV. A transesterificação do poli(metacrilato de metila) com etanol produz acetato de metila mais o poli(álcool vinílico).

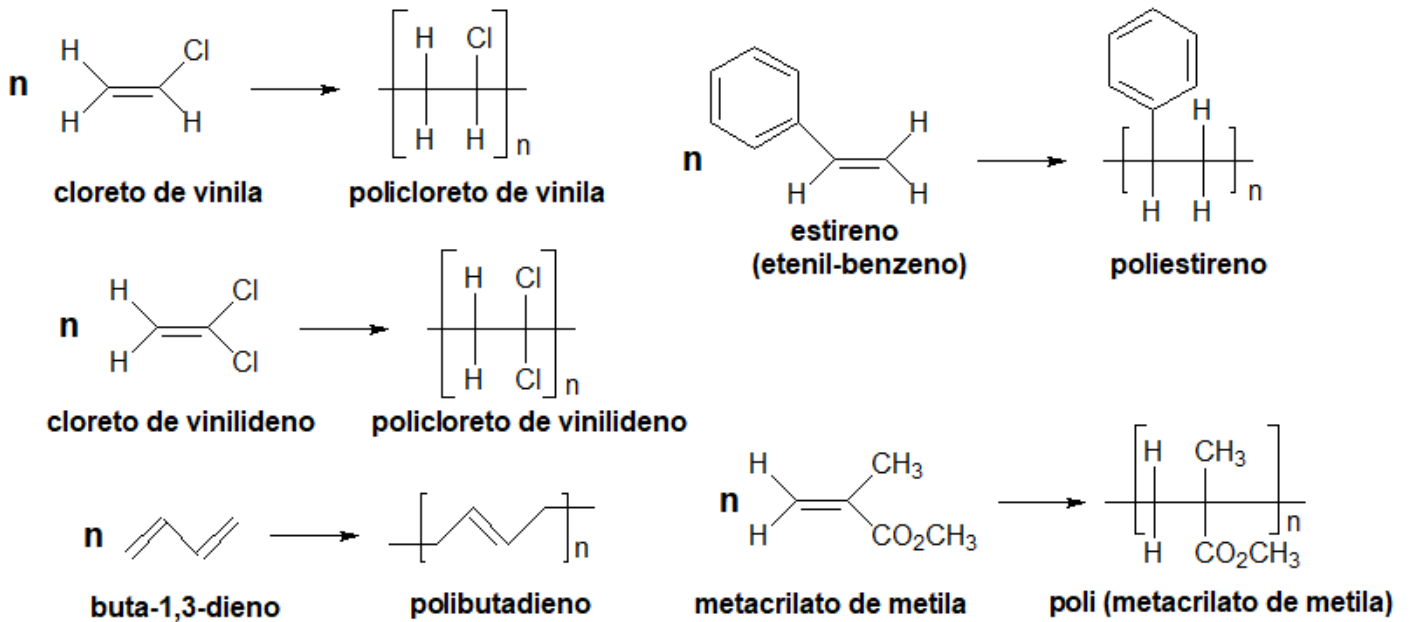
É correto apenas o que se afirma nas sentenças:

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

Comentários

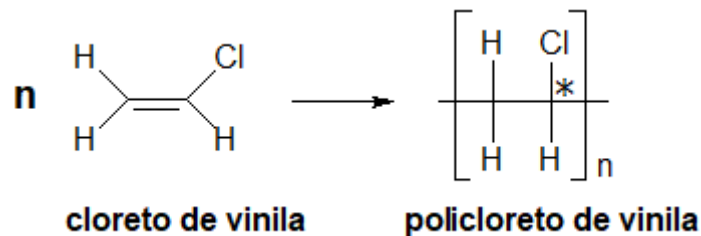
Primeiramente, é interessante identificar os polímeros trabalhados na questão.



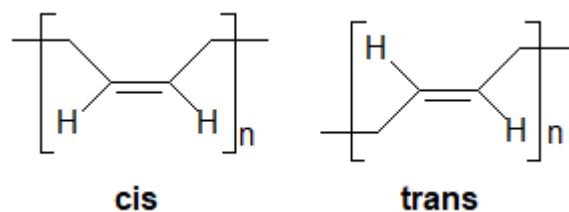


Com base nisso, vamos julgar os itens:

I – O policloreto de vinilideno não apresenta isomeria óptica, mas o policloreto de vinila apresenta, devido ao carbono assimétrico assinalado. Afirmação errada.

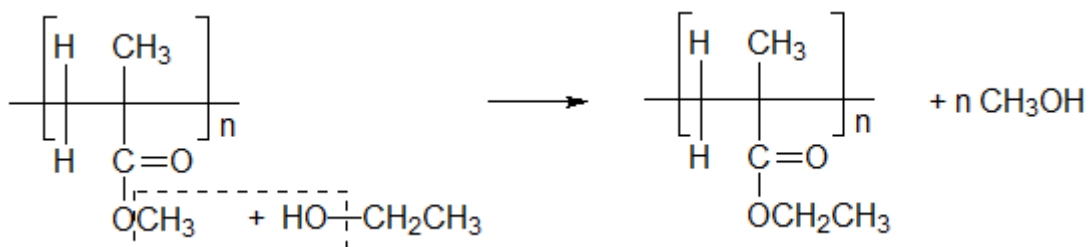


II – O polibutadieno, de fato, apresenta o isômero cis e o isômero trans. Afirmação correta.



III – O mero do poliestireno (estireno) possui 8 carbonos, enquanto o mero do polibutadieno (o butadieno) possui apenas 4 carbonos. Portanto, de fato, a afirmação está correta.

IV – Vejamos a reação de transesterificação. A parte álcool do polímero é substituída pelo etanol.

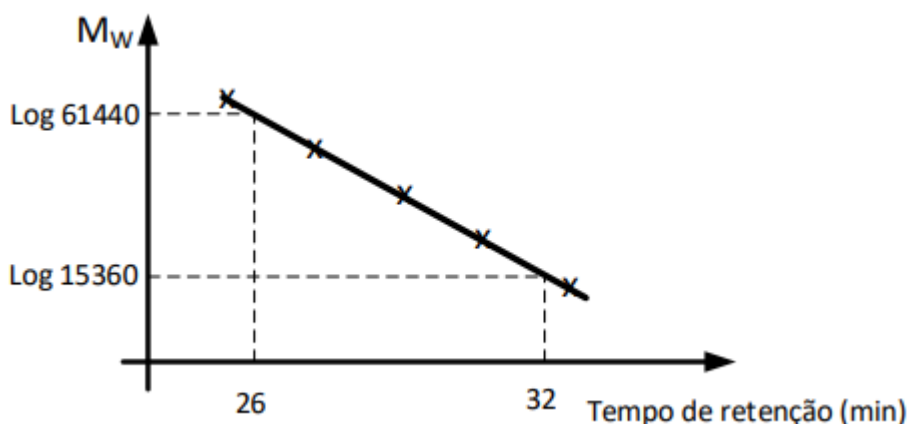


Portanto, será liberado o polímero poli (metacrilato de etila) e várias moléculas de metanol, não os produtos citados no item IV. Portanto, a afirmação está errada.

Gabarito: A

3. (IME – 2019 – 2ª Fase)

A massa molar de um polímero pode ser determinada por meio do tempo de retenção em coluna cromatográfica (cromatografia líquida), tendo por base uma curva de calibração, massa molar versus tempo de retenção, obtida por padrões de massa molar conhecida. Considere a curva de calibração linear obtida com padrões de poli(metacrilato de metila) de massa molar (M_w) variável entre 15360 g/mol e 61440 g/mol, a seguir.

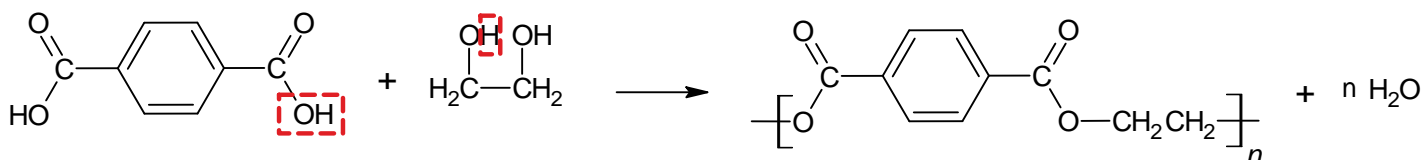


Considere agora um polímero obtido por meio da reação estequiométrica de esterificação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol. Se esse polímero apresenta um tempo de retenção de 28 minutos, determine a massa de água, em quilogramas, que deve ser retirada do meio reacional, de forma que o equilíbrio da reação de esterificação seja deslocado completamente para o lado dos produtos.

Comentários

Observemos que a reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol produz o seguinte polímero:





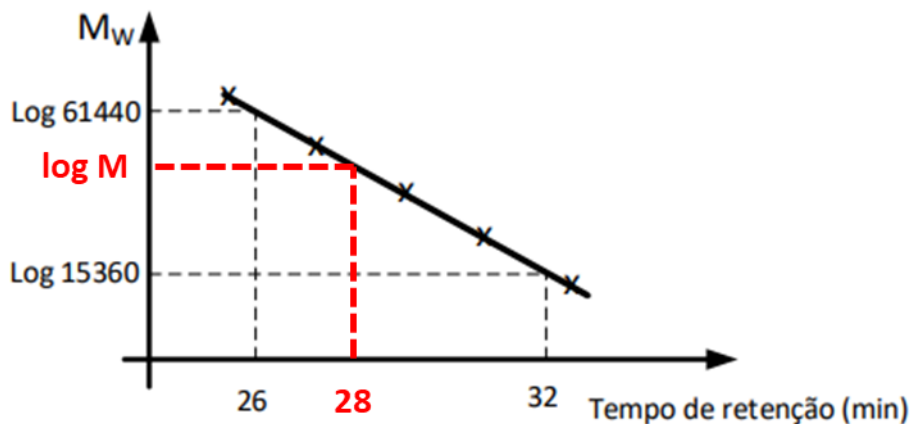
Note que o mero associado tem fórmula $C_{10}H_8O_4$. Assim, a fórmula do polímero é $(C_{10}H_8O_4)_n$. E vamos calcular a massa molar do mero.

$$M = 10 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 16 = 120 + 8 + 64 = 192 \text{ g/mol}$$

Como a fórmula do polímero é um múltiplo da fórmula do mero, podemos concluir que a sua massa molar é também um múltiplo da massa do mero.

$$M = 192 \cdot n$$

Observe que foi fornecido um gráfico para a massa molar em função do tempo de retenção. Podemos obter a massa molar do polímero por meio de interpolação linear nesse gráfico.



Usando a semelhança de triângulos, temos:

$$\frac{\log(61440) - \log(15360)}{32 - 26} = \frac{\log(M) - \log(15360)}{28 - 26}$$

Vamos utilizar as propriedades dos logaritmos dos dois lados.

$$\frac{\log\left(\frac{61440}{15360}\right)}{6} = \frac{\log\left(\frac{M}{15360}\right)}{2}$$

$$\frac{\log(4)}{6} = \frac{\log\left(\frac{M}{15360}\right)}{2}$$

$$\therefore \log\left(\frac{M}{15360}\right) = \frac{2}{6} \cdot \log(4) = \frac{1}{3} \cdot \log(4)$$

$$\therefore \log\left(\frac{M}{15360}\right) = \log(4^{1/3}) \cong 1,6$$

E, agora, vamos calcular a massa do polímero.



$$\frac{M}{15360} = 1,6 \therefore M = 1,6 \cdot 15360 = 24576$$

Como já tínhamos visto a relação entre a massa molar e o número de unidades estruturais, temos:

$$M = 192 \cdot n = 24576$$

$$\therefore n = \frac{24576}{192} = 128$$

Por fim, a massa de água liberada pode ser obtida como o produto do número de mols pela massa molar.

$$M_{H_2O} = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 18 \text{ g/mol}$$

$$m_{H_2O} = n_{H_2O} \cdot M_{H_2O} = 128 \cdot 18 = 2304 \text{ g} \cong 2,3 \text{ kg}$$

Gabarito: 2,3 kg

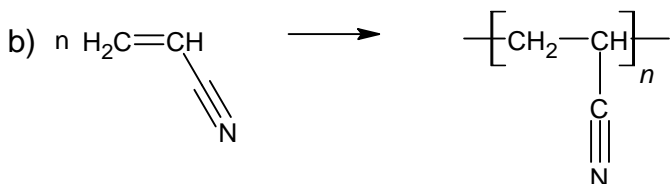
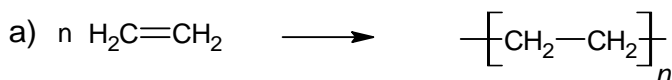
4. (ITA – 2018)

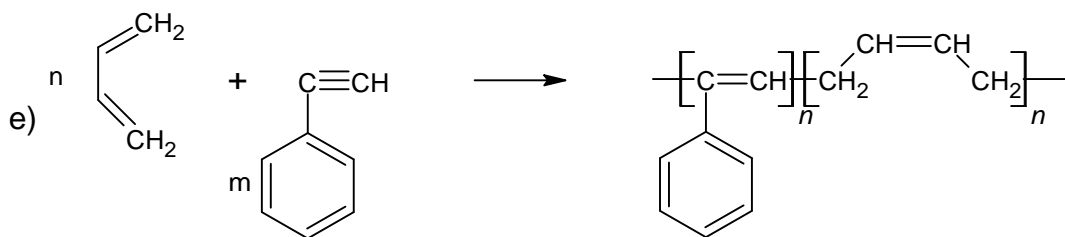
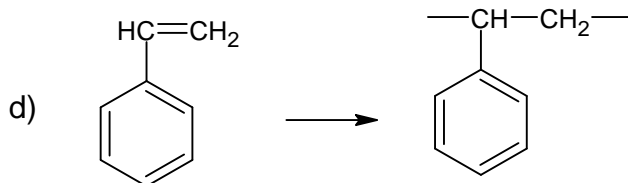
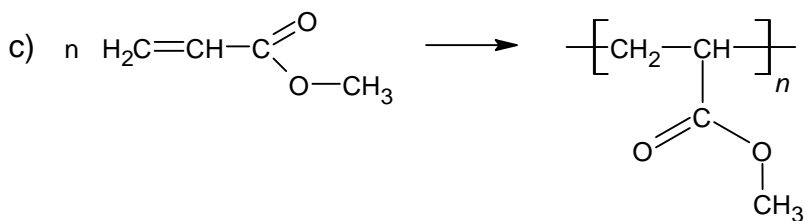
Escreva as equações químicas que representam as reações de polimerização ou copolimerização dos monômeros abaixo, apresentando as fórmulas estruturais de reagentes e produtos.

- Eteno
- 2-propeno-nitrila
- 2-metil-propenoato de metila
- Etenil-benzeno (vinil-benzeno)
- 1,3-butadieno com etnil-benzeno

Comentários

Notemos que todos os polímeros são polímeros de adição, porque seus monômeros apresentam ligações pi. As reações de polimerização consistem em romper uma ligação pi, permitindo que duas unidades estruturais vizinhas se conectem por meio de ligações covalentes.





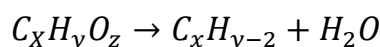
Gabarito: discursiva

5. (IME – 2018 – 2ª Fase)

Um composto orgânico de fórmula $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$, quando desidratado, gera um hidrocarboneto que, quando submetido a um processo de polimerização por adição, resulta em macromoléculas lineares de peso molecular médio 714 g/mol, contendo 17 meros por macromolécula. Determine, com base nessas informações, os valores dos índices x , y e z do composto inicial e apresente o(s) nome (s) IUPAC da(s) molécula(s) que pode(m) ser o composto inicial.

Comentários

Tomemos o composto orgânico $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ que pode se desidratar, formando um hidrocarboneto:



Na polimerização por adição, o mero não perde átomos. Portanto, a fórmula química do mero é igual à do monômero.

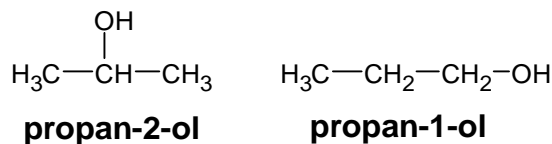
$$n = \frac{714}{17} = 42 \text{ g/mol}$$

Portanto, a massa molar do hidrocarboneto C_xH_{y-2} é igual a 42 g/mol. Podemos, a partir dela, obter os possíveis valores para x e y .

$$M = x \cdot 12 + (y - 2) = 42$$



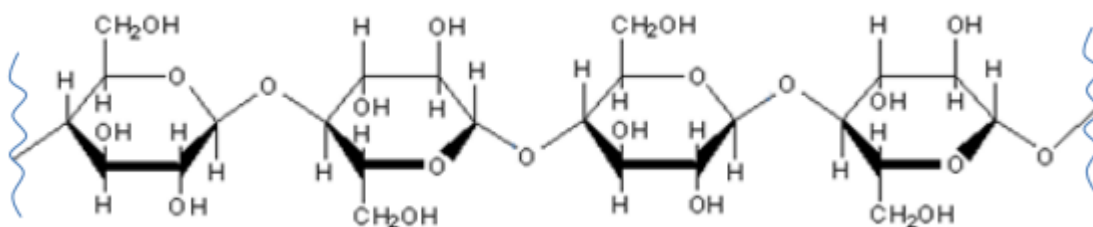
A única combinação possível para a equação é $x = 3$ e $y - 2 = 6$. Portanto, o alceno produzido pela desidratação é o propeno. Existem dois compostos que podem gerá-lo por desidratação: o propano-1-ol e o propan-2-ol.



Gabarito: propan-1-ol e propan-2-ol

6. (IME – 2017 – 2ª Fase)

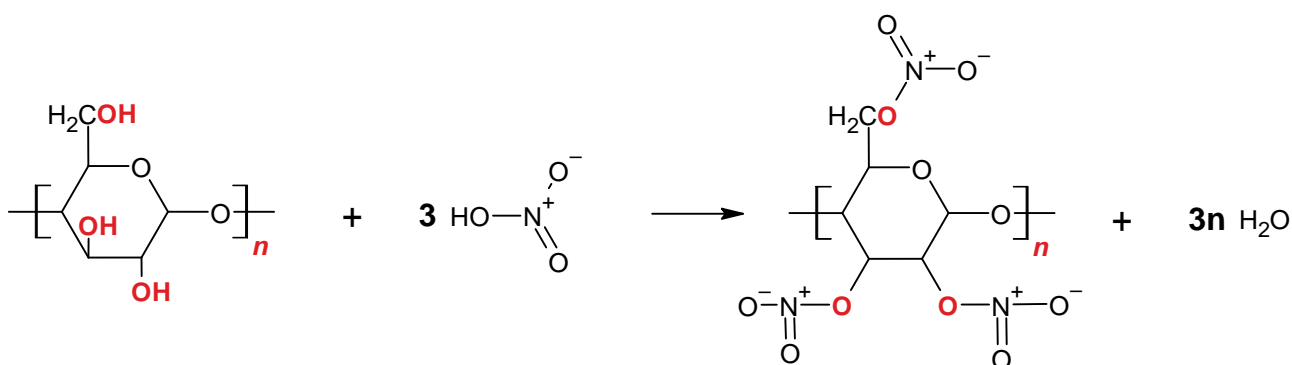
A celulose é um polímero natural constituído por milhares de meros originados da glicose ligados entre si. Um segmento desse polímero é representado por:



Produz-se o trinitrato de celulose fazendo-se reagir celulose com ácido nítrico, na presença de ácido sulfúrico. Assim sendo, calcule o número de unidades monoméricas necessárias para gerar a cadeia polimérica de uma amostra padrão de trinitrato de celulose, cuja massa molar é $3,861 \times 10^5$ g/mol.

Comentários

Observe que a cadeia da glicose apresenta três grupos $-\text{OH}$. Portanto, esses três grupos podem sofrer esterificação diante do ácido nítrico.



Agora, vamos obter a massa molar do mero da trinitroglicerina. Essa massa molar pode ser obtida contando-se diretamente. Porém, também podemos lançar mão de um artifício interessante.

- A fórmula molecular da glicose é $C_6H_{12}O_6$;
- Como ela polimeriza por condensação com a perda de uma molécula de água, a fórmula do mero da celulose é $C_6H_{10}O_5$;
- O mero da nitrocelulose é formado pela substituição de 3 hidrogênios do mero da celulose por 3 grupos $-NO_2$;
- Portanto, a fórmula do mero da nitrocelulose é $C_6H_7O_5(NO_2)_3$.

Assim, a massa do mero da nitrocelulose é:

$$M_{C_6H_7O_5(NO_2)_3} = 6.12 + 7.1 + 5.16 + 3. [1.14 + 2.16]$$

$$M_{C_6H_7O_5(NO_2)_3} = 72 + 7 + 80 + 3. [46] = 297 \text{ g/mol}$$

Assim, a massa da nitrocelulose em função do número de unidades estruturais é:

$$M = 297. n$$

Considerando a massa molar fornecida no enunciado, temos:

$$M = 297. n = 3,861.10^5$$

$$\therefore n = \frac{3,861.10^5}{297} = \frac{3861.10^2}{297} = 13.10^2 = 1300$$

Gabarito: 1300

7. (ITA – 2015)

Considere as seguintes comparações entre as respectivas temperaturas de fusão dos polímeros representados pelas suas unidades repetitivas:

I. A do $H-[OCH_2CH_2OOC(CH_2)_4CO]-OCH_2CH_2OH$ é maior que a do $H-[OOC-C_6H_4-COOCH_2CH_2]-OH$.

II. A do $[-CH_2CH_2-]_n$ é maior que a do $[-CH_2CH_2O-]_n$.

III – A do $[-CH_2-C_6H_4-CH_2-]_n$ é maior que a do $[-CH_2CH_2-]_n$.

IV – A do $[-NH(CH_2)_7CO-]_n$ é maior que a do $[-NH(CH_2)_2CO-]_n$

Assinale a opção que apresenta a(s) comparação(ões) ERRADA(S).

- a) Apenas I
- b) Apenas I e IV



- c) Apenas II e III
- d) Apenas III e IV
- e) Apenas IV

Comentários

É bastante complicado explicar as temperaturas de fusão dos polímeros. Creio que, embora essa questão tenha sido cobrada, não vai se repetir algo desse tipo.

I – A presença do anel aromático aumenta o ponto de fusão nos polímeros. Portanto, o segundo polímero é que tem a maior temperatura de ebulição. Afirmação errada.

II – O polietileno é formado por moléculas lineares, fortemente unidas por forças intermoleculares. Por outro lado, a presença do oxigênio no poliéter cria uma angulação, aumentando as distâncias entre as cadeias poliméricas. Afirmação correta.

III – De fato, a presença do anel aromático aumenta o ponto de fusão da cadeia polimérica. Afirmação correta.

IV – No polímero $[-NH(CH_2)_7CO]_n$, há uma distância de 7 átomos de carbono entre os grupos polares. Portanto, a cadeia carbônica é mais longa, isolando os grupos polares e dificultando o estabelecimento de pontes de hidrogênio na estrutura. Logo, esse polímero apresenta menor temperatura de fusão. Afirmação errada.

Portanto, as afirmações I e IV estão erradas.

Gabarito: B

8. (ITA – 2012)

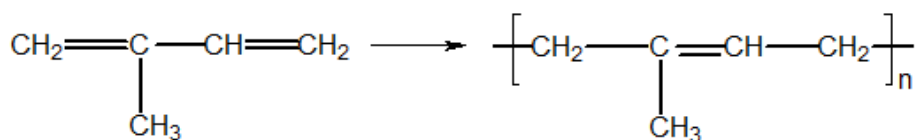
Assinale a opção que indica o polímero da borracha natural.

- a) Poliestireno
- b) Poliisopreno
- c) Poli (metacrilato de metila)
- d) Polipropileno
- e) Poliuretano

Comentários



A borracha natural é um polímero do isopreno.



Gabarito: B

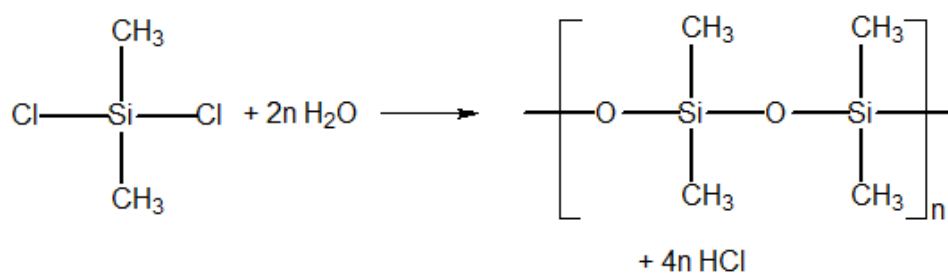
9. (ITA – 2012)

Assinale a opção com a resina polimérica que mais reduz o coeficiente de atrito entre duas superfícies sólidas.

- a) Acrílica
- b) Epoxídica
- c) Estirênica
- d) Poliuretânica
- e) Poli (dimetil siloxano)

Comentários

O silicone é utilizado como antiadesivo, sendo encontrado em muitos lubrificantes. Como vimos, um dos exemplos de silicone é o poli (dimetil siloxano).

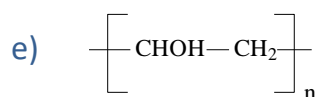
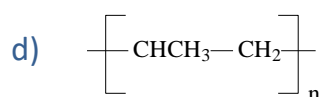
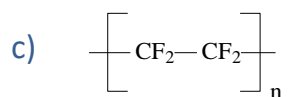
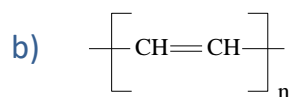
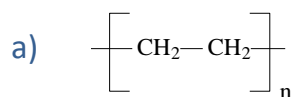


Gabarito: E

10. (ITA – 2011)

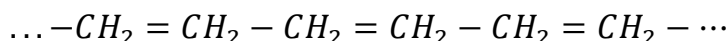
Assinale a opção que apresenta a fórmula molecular do polímero que pode conduzir corrente elétrica.



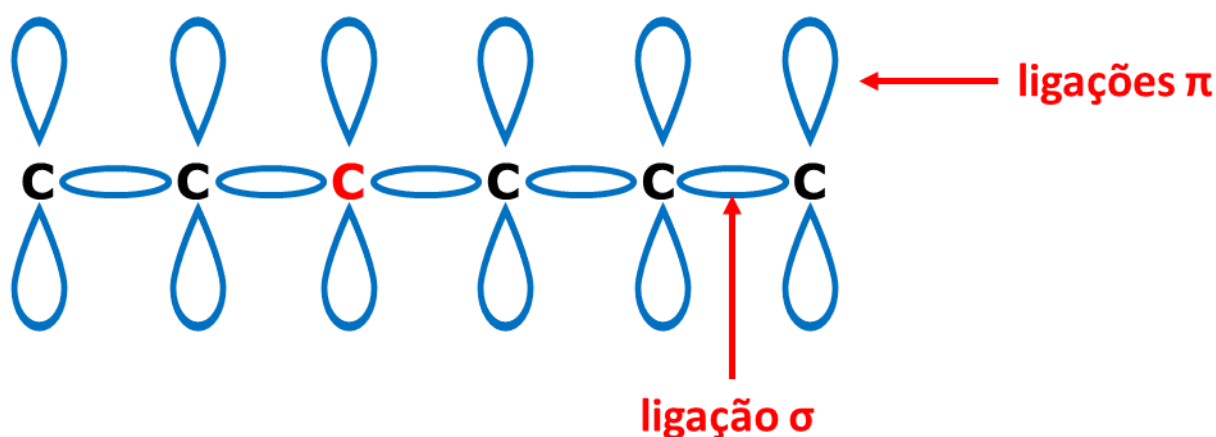


Comentários

Os polímeros, de maneira geral, são isolantes elétricos. Uma das exceções é por conta do poliacetileno, cuja estrutura contém uma sequência muito longa de ligações simples e duplas conjugadas.



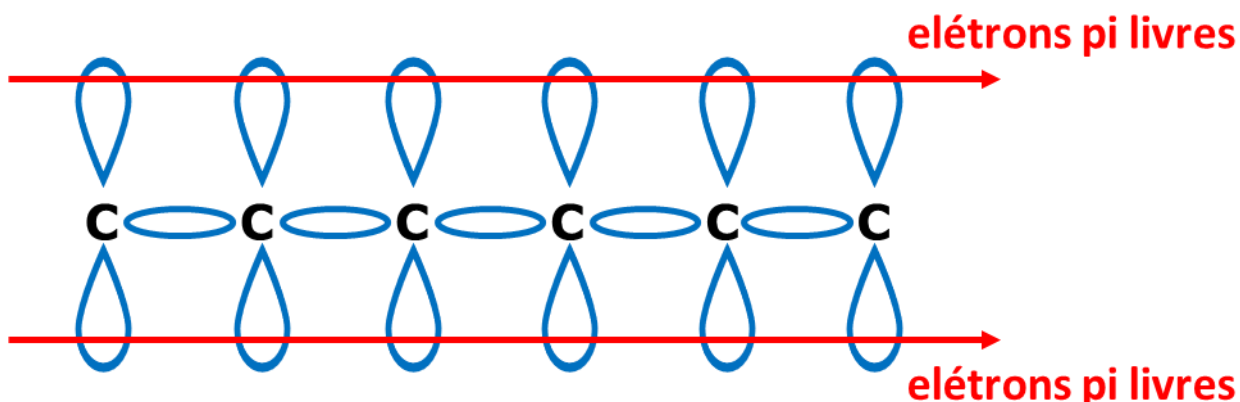
Vejamos a estrutura do poliacetileno, com destaque para as ligações pi.



As ligações σ são bem localizadas, se situam no eixo que une os átomos. Já as ligações π são deslocalizadas, pois se situam em um eixo perpendicular ao que une os átomos.

Imagine que você seja o carbono destacado em vermelho. Você olha para o lado esquerdo e vê um lóbulo de ligação π . Você olha para o lado direito e também vê um lóbulo de ligação π . Como é que você vai saber com qual carbono que você está realmente formando a ligação π ?

É por isso que, na verdade, os elétrons π ficam livres, podendo circular entre todos os orbitais π que se espalham pela estrutura do polímero.



Como o poliacetileno apresenta uma quantidade razoável de elétrons livres, ele é um bom condutor de eletricidade.

Gabarito: B

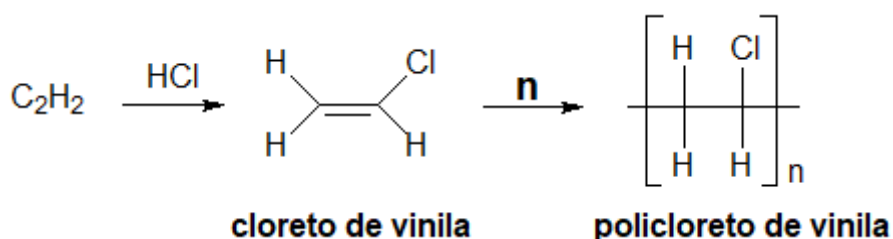
11. (ITA – 2006)

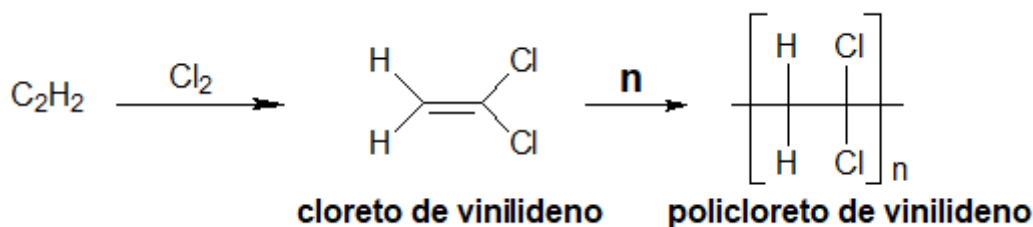
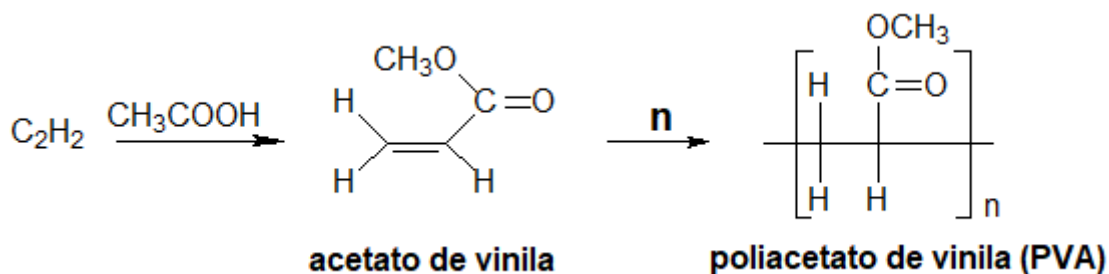
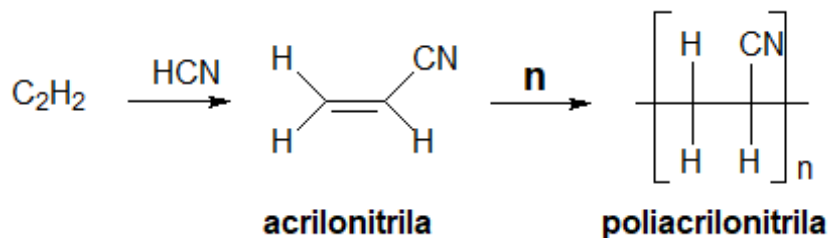
São realizadas reações químicas do acetileno com ácido clorídrico, ácido cianídrico, ácido acético e cloro, nas proporções estequiométricas de 1 : 1.

- Mostre as equações químicas que representam cada uma das reações químicas especificadas.
- Indique quais dos produtos formados podem ser utilizados como monômeros na síntese de polímeros.
- Dê os nomes dos polímeros que podem ser formados a partir dos monômeros indicados no item b).

Comentários

O acetileno é realmente um importante reagente da Química Orgânica, matéria-prima para muitos polímeros. Vamos representar as estruturas dos polímeros formados e seus nomes vulgares.





Podemos também fornecer as nomenclaturas IUPAC para todos os polímeros apresentados.

Nomenclatura Vulgar do Monômero	Nomenclatura IUPAC do Monômero	Nomenclatura IUPAC do Polímero
Cloreto de vinila	Cloreto de etenila	Policloreto de etenila
Acrilonitrila	Cianeto de etenila	Policianeto de etenila
Acetato de Vinila	Etanoato de etenila	Polietanoato de etenila
Cloreto de vinilideno	Cloreto de etilideno	Policloreto de etilideno

Gabarito: discursiva

12. (ITA – 2005)

Assinale a opção que contém o polímero que melhor conduz corrente elétrica, quando dopado.

- a) Polietileno



- b) Polipropileno
- c) Poliestireno
- d) Poliacetileno
- e) Poli (tetrafluor-etileno)

Comentários

Os polímeros, de maneira geral, são isolantes elétricos. Uma das exceções é por conta do poliacetileno, cuja estrutura contém uma sequência muito longa de ligações simples e duplas conjugadas.

Viu que o ITA, de vez em quando, repete questões?

Gabarito: D

13. (ITA – 2005)

Considere que dois materiais poliméricos A e B são suportados em substratos iguais e flexíveis. Em condições ambientes, pode-se observar que o material polimérico A é rígido, enquanto o material B é bastante flexível. A seguir, ambos os materiais são aquecidos à temperatura (T), menor do que as respectivas temperaturas de decomposição. Observou-se que o material A apresentou-se flexível e o material B tornou-se rígido, na temperatura (T). A seguir, os dois materiais poliméricos foram resfriados à temperatura ambiente.

- a) Preveja o que será observado caso o mesmo tratamento térmico for novamente realizado nos materiais poliméricos A e B. Justifique sua resposta.
- b) Baseando-se na resposta ao item a), preveja a solubilidade dos materiais em solventes orgânicos.

Comentários

- a) O material polimérico A, quando aquecido, tornou-se flexível. Trata-se de um polímero termoplástico e, portanto, o mesmo pode ser amolecido pelo calor e endurecido por resfriamento inúmeras vezes sem perder suas propriedades.

Como o material polimérico B é inicialmente bastante flexível e por aquecimento tornou-se rígido, podemos afirmar tratar-se de um polímero termofixo, isto é, ele não pode ser amolecido pelo calor e remoldado.



b) No polímero termoplástico (A) ocorrem encadeamentos lineares de moléculas formando fios que se mantêm isolados uns dos outros. Essa estrutura pode ser dissolvida em solventes orgânicos apolares.

Já no caso do polímero termofixo (B), ocorrem ligações em todas as direções, o que impede a sua dissolução em solvente orgânico.

Gabarito: discursiva

14. (ITA – 2001)

Considere as seguintes afirmações a respeito da aplicação do fenol:

Fenol é utilizado:

- I. na síntese da baquelite
- II. na produção de tintas
- III. como agente bactericida
- IV. na obtenção de explosivos
- V. na síntese de ácido acetilsalicílico

Das afirmações feitas, estão **CORRETAS**

- a) apenas I e II
- b) apenas I, II, III e V
- c) apenas II e III
- d) apenas III e IV
- e) todas

Comentários

I – A baquelite é obtida pela polimerização do fenol com o metanal. Afirmação correta.

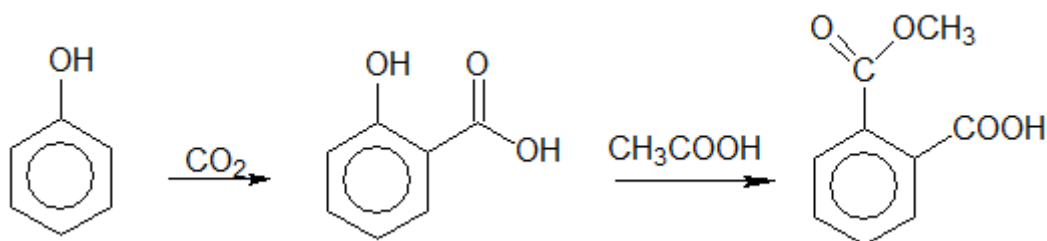
II – De fato, os fenóis são utilizados para a fabricação de tintas. Afirmação correta.

III – O fenol é tóxico para as bactérias. Afirmação correta.

IV – Uma grande gama de explosivos pode ser obtida a partir da nitração do fenol. Afirmação correta.

V – O ácido acetilsalicílico pode ser obtido a partir do fenol em duas reações consecutivas. Afirmação correta.





Gabarito: E

15. (ITA – 2000)

Considere as seguintes afirmações:

- I. A reação da borracha natural com enxofre é denominada de vulcanização.
- II. Polímeros termoplásticos amolecem quando são aquecidos.
- III. Polímeros termofixos apresentam alto ponto de fusão.
- IV. Os homopolímeros polipropileno e politetrafluoretileno são sintetizados por meio de reações de adição.
- V. Mesas de madeira, camisetas de algodão e folhas de papel contêm materiais poliméricos.

Das afirmações feitas estão CORRETAS:

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

Comentários

Vamos analisar as afirmações oferecidas.

I – A vulcanização consiste em acrescentar enxofre à estrutura da borracha, de modo a torná-la mais resistente. Afirmação correta.

II – Os polímeros termoplásticos podem ser moldados ao calor quando aquecidos. Afirmação correta.



III – Os polímeros termofixos não são necessariamente mais resistentes ao aquecimento. A sua característica é se quebrar quando aquecidos. Afirmação errada.

IV – Os homopolímeros são sempre sintetizados por reações de adição. Afirmação correta.

V – Todos contêm celulose, que é um polímero natural. Afirmação correta.

Gabarito: A

16. (ITA – 1997)

Considere as afirmações:

- I. Proteínas são polímeros constituídos por aminoácidos unidos entre si através de pontes de hidrogênio.
- II. Celuloses são polímeros formados a partir da unidades de glicose.
- III. Borrachas vulcanizadas contêm enxofre na forma de ligações cruzadas entre cadeias poliméricas vizinhas.
- IV. Polietileno é um polímero termofixo.
- V. Baquelite é um polímero muito utilizado na confecção de cabos de painéis.

Estão **CORRETAS** apenas as afirmações:

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

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – Os aminoácidos se ligam por ligações peptídicas. Afirmação errada.

II – É isso mesmo. Afirmação correta.

III – Isso mesmo. O enxofre cria uma estrutural tridimensional por meio de pontes dissulfeto. Afirmação correta.



IV – O polietileno tem cadeia linear, portanto, é termoplástico. Afirmação errada.

V – Isso mesmo. Tinha que decorar isso. Afirmação correta.

Gabarito: D

17. (ITA – 1995)

Assinale a afirmação **FALSA** dentre as abaixo:

- a) Ésteres de ácidos carboxílicos são os componentes principais do óleo de soja, manteiga e banha suína.
- b) Polímeros de aminoácidos são encontrados na gelatina, clara de ovo e queijos.
- c) Amianto, mica e vidro de garrafa são silicatos.
- d) Algodão natural, lã de ovelha, amianto e mica têm estruturas poliméricas.
- e) Hidrocarbonetos poliméricos são componentes principais na madeira, no algodão natural e no papel.

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

- a) Os óleos e gorduras são ésteres de ácidos carboxílicos e glicerol. Afirmação correta.
- b) Os polímeros de aminoácidos são as proteínas. De fato, elas são encontradas nos materiais citados, de origem animal. Afirmação correta.
- c) O aluno realmente tinha que saber que todos são sais da sílica (dióxido de silício). Afirmação correta.
- d) Não é comum o entendimento de que estruturas covalentes, como os silicatos, sejam polímeros. Porém, não é absurdo. Afirmação correta.
- e) A celulose não é um hidrocarboneto, mas sim um polímero oxigenado. Afirmação errada.

Gabarito: E

18. (ITA – 1988)

Nas afirmações abaixo, macromoléculas são relacionadas com o processo conhecido como vulcanização. Assinale a opção que contém a afirmação **CORRETA**.



- a) O elastômero obtido a partir de butadieno-1,3 e estireno (vinil-benzeno) não se presta à vulcanização.
- b) A desvulcanização, ou reciclagem de pneus, se baseia na ação do ácido sulfúrico concentrado, em presença de oxigênio e em temperatura elevada, sobre a borracha vulcanizada.
- c) Na vulcanização, os polímeros recebem uma carga de calcário e piche, que os torna resistentes ao calor sem perda da elasticidade.
- d) Os polímeros vulcanizados só serão elásticos se a concentração de agente vulcanizante não for excessiva.
- e) Do butadieno-1,3 obtém-se um polímero que, enquanto não for vulcanizado, será termofixo.

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

- a) O elastômero obtido é a buna-S, que é um tipo de borracha. Ela pode ser sim vulcanizada. Afirmação errada.
- b) A desvulcanização é realizada com a adição de um metal alcalino à borracha vulcanizada. Afirmação errada.
- c) A vulcanização é realizada com enxofre. A borracha vulcanizada perde sim elasticidade. Afirmação errada.
- d) É isso mesmo. Se a concentração de enxofre for muito elevada, a borracha perderá sua elasticidade. Afirmação correta.
- e) O polibutadieno é de estrutura linear, portanto, é termoplástico. Afirmação errada.

Gabarito: D

19. (IME – 2008)

Observe as alternativas abaixo e assinale a correta.

- a) O petróleo é um líquido escuro, oleoso, formado pela mistura de milhares de compostos orgânicos com grande predominância de hidrocarbonetos. Nas refinarias, o petróleo bruto é aquecido e, em seguida, passa por torres de destilação. Nessas torres são separadas, em ordem crescente de peso molecular médio, as seguintes frações: gás liquefeito, gasolina, querosene, óleo diesel, óleos lubrificantes, óleos combustíveis, hulha e asfalto.
- b) Dois importantes processos realizados nas refinarias de petróleo são o craqueamento catalítico e a reforma catalítica. O craqueamento catalítico tem por objetivo transformar frações pesadas de petróleo em frações mais leves, como a gasolina, por exemplo. Já a reforma catalítica tem por objetivo a diminuição da octanagem da gasolina, através da transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia ramificada, cíclicos e aromáticos.

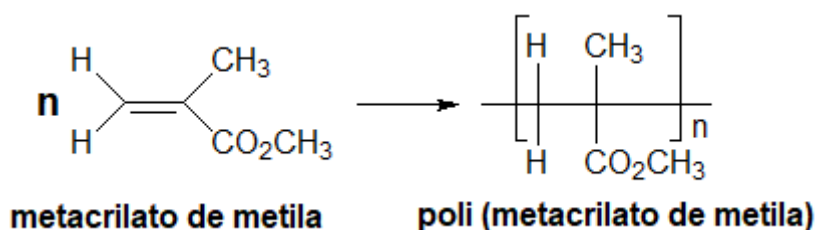


- c) Poliamidas são polímeros de cadeia heterogênea que podem ser formados a partir da reação de adição entre moléculas de diaminas e moléculas de diácidos. Dentre as propriedades marcantes das poliamidas, destaca-se a elevada resistência mecânica, fato que se deve às interações intermoleculares por ligação de hidrogênio.
- d) Copolímeros são polímeros obtidos a partir de dois ou mais monômeros diferentes. Um importante exemplo de copolímero é o copolímero poli(metacrilato de metila), conhecido como Buna-S, utilizado na fabricação de pneus.
- e) Polímeros diênicos são aqueles formados a partir de monômeros contendo em sua estrutura dienos conjugados. Esses polímeros são constituídos de cadeias poliméricas flexíveis, com uma dupla ligação residual passível de reação posterior. Um exemplo de polímero diênico é o polibutadieno. Na reação de síntese do polibutadieno, pode-se ter a adição do tipo 1,4 ou a adição do tipo 1,2.

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

- a) O único erro do item é afirmar que a hulha é obtida a partir do petróleo. A hulha é proveniente do carvão mineral. Afirmação errada.
- b) Na verdade, o objetivo da reforma catalítica é aumentar, e não diminuir a octanagem da gasolina. Afirmação errada.
- c) As poliamidas são formadas por reações de condensação, não de adição. Afirmação errada.
- d) O poli(metacrilato de metila) não é um copolímero, mas sim um polímero de adição homopolímero, pois é formado a partir de um único monômero. Afirmação errada.



- e) Embora a polimerização 1,2 do polibutadieno não seja muito comum, ela é realmente possível.

Vale ressaltar que esse polímero não é diênico, mas sim um polímero vinílico, devido à sua reação de formação.



- c) Poli (tetrafluoreoetileno)
- d) Policarbonato
- e) Poli(álcool vinílico)

Comentários

É o tipo de questão que não dá muita margem para raciocínio. O aluno precisa conhecer o polímero e suas aplicações.

O policarbonato é o polímero empregado na fabricação de para-brisas e janelas de aviões.

Gabarito: D

3. Petroquímica

A indústria petroquímica é uma das maiores do mundo, pois o petróleo é um recurso natural que dá origem a vários materiais muito utilizados no dia a dia. Entre eles, podemos citar:

- **Combustíveis:** gás natural, gasolina, óleo diesel;
- Polímeros Plásticos;
- Medicamentos.

O nome **petróleo** vem do latim *petroleum*, *petrus* = pedra e *oleum* = óleo. É uma combinação complexa de hidrocarbonetos, menos densa que a água, que, portanto, flutua sobre ela, de cheiro forte e coloração que varia desde o incolor até o preto.

No petróleo, encontram-se muitos hidrocarbonetos de toda a variedade, incluindo alifáticos, alicíclicos e aromáticos. Mas também encontram-se pequenas quantidade de outros elementos, como o nitrogênio, oxigênio e enxofre. Também é possível encontrar íons metálicos, como o níquel e o vanádio.

O petróleo encontrado em lugares diferentes do mundo tem propriedades diferentes. Por exemplo, o petróleo brasileiro é considerado ruim para a obtenção de gasolina, mas o venezuelano é bem mais fácil de ser transformado no combustível.

Embora seja um recurso natural abundante, a sua prospecção, em geral, é bastante custosa.

Nessa seção, vamos explorar um pouco sobre alguns processos químicos utilizados no refinamento desse importante material.



3.1. Destilação do Petróleo

A primeira etapa do refino nada mais é do que a destilação do petróleo. Por meio da destilação e da limpeza do óleo cru extraído dos poços e minas, as diferentes frações são separadas por ordem crescente de ponto de ebulição nas torres de destilação.

A fração mais leve, composta por gases, predominantemente metano, propano e butano, é a primeira a se destacar, pois apresenta a menor temperatura de ebulição.

À medida que a fração mais leve é extraída, a temperatura de destilação é aumentada, permitindo-se retirar outras frações.

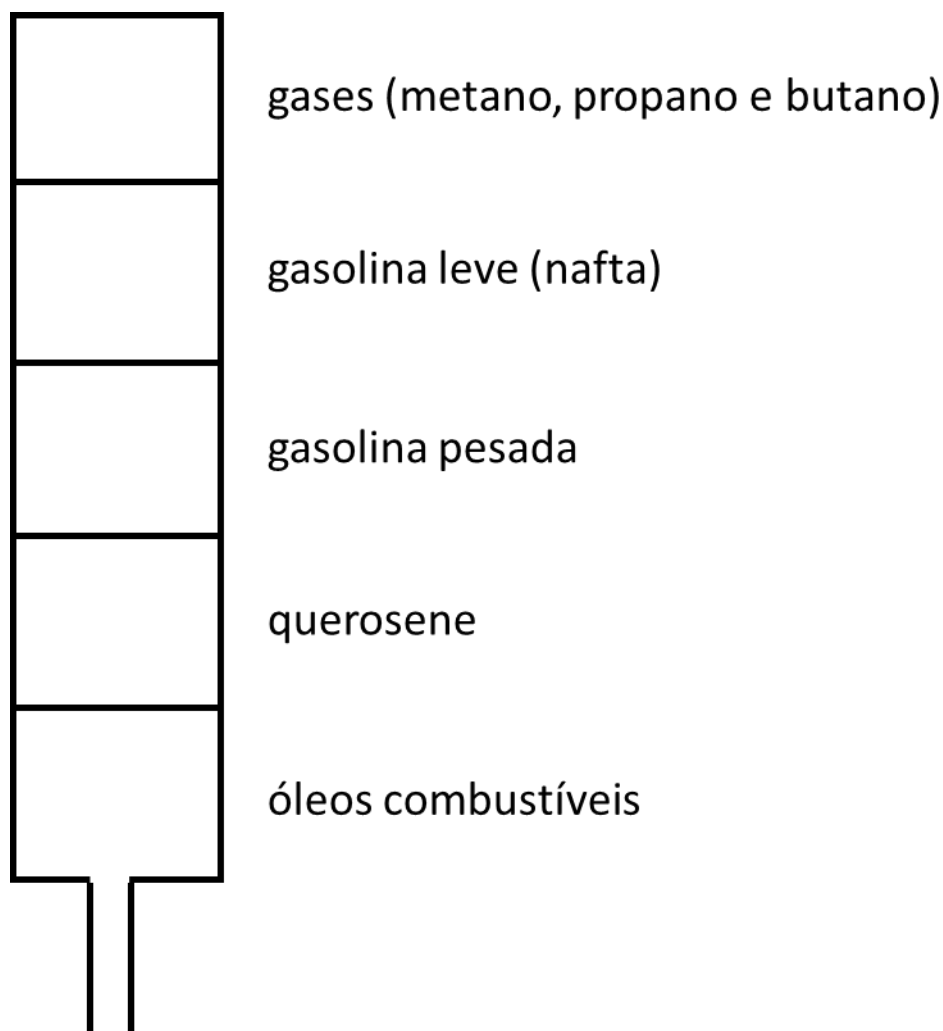


Figura 52: Esquema de uma Torre de Destilação

3.2. Craqueamento

O craqueamento é o processo de quebra de moléculas orgânicas gigantes em moléculas menores.

No caso do petróleo, é comum a quebra de gásóleo (um hidrocarboneto de cadeia muito longa) em uma molécula menor de alcano e um alceno.

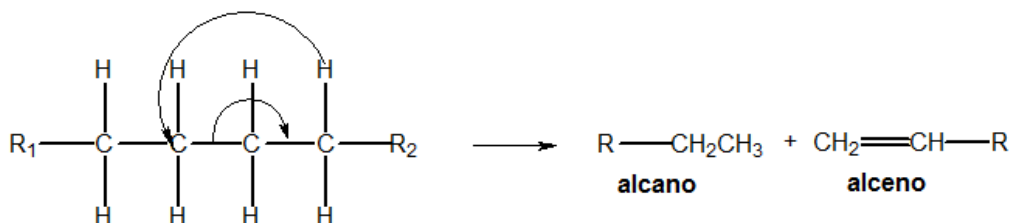


Figura 53: Craqueamento

Vejamos um exemplo:



3.3. Reforma Catalítica

A reforma catalítica é processo químico no tratamento do petróleo. É fundamental na produção de gasolina, pois visa a **umentar a octanagem** da nafta pesada.

Consiste em transformar hidrocarbonetos parafínicos, de cadeia normal, em hidrocarbonetos de cadeia ramificada e compostos aromáticos.

A reforma catalítica requer altas temperaturas (em torno de 500 °C), pressões moderadas (10 a 25 atm) e catalisadores sólidos, como a platina.

Nesse processo, libera-se também grande quantidade de hidrogênio gasoso. Em escala industrial, é o principal método para produzir o elemento.

Vamos resumir os três processos de refino que aprendemos.

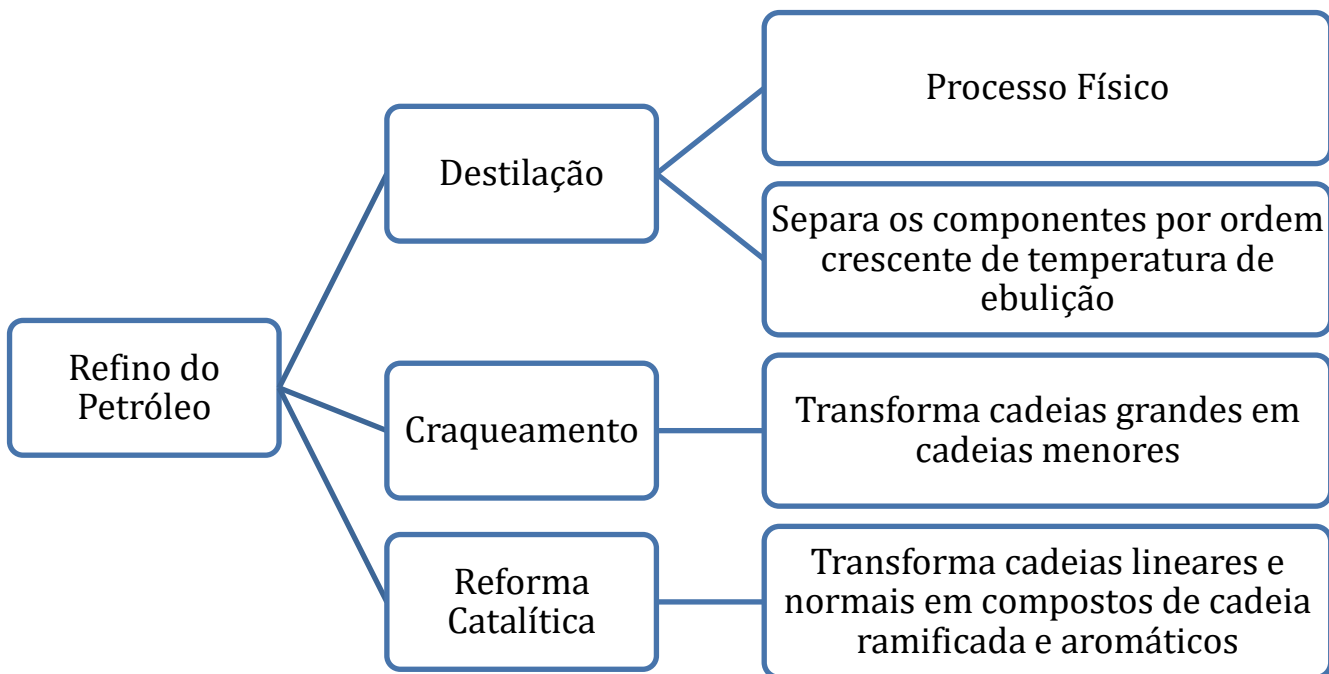


Figura 54: Etapas do Refino do Petróleo

3.3.1. Octanagem

A octanagem é a propriedade de a gasolina resistir à compressão **sem entrar em autoignição**. Portanto, quanto maior a octanagem, maior será a resistência do combustível à detonação.

É uma propriedade muito interessante do combustível, pois, quanto maior a octanagem, maior a compressão que o motor pode operar. E, com isso, ele obterá melhor rendimento.

Para aumentar a octanagem do combustível, é comum acrescentar aditivos, com o tetraetilchumbo – $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ –, que atua como antidetonante. Ou seja, ele retarda a combustão da gasolina.

Porém, vale ressaltar que os aditivos à base de chumbo são proibidos no Brasil devido à sua alta toxicidade.

Dentro os hidrocarbonetos, o iso-octano é considerado o combustível de maior octanagem. A escala de octanagem, inclusive, atribui o valor 100 a esse combustível. Por outro, o n-heptano é o hidrocarboneto de menor octanagem, portanto, o que é mais facilmente detonado.

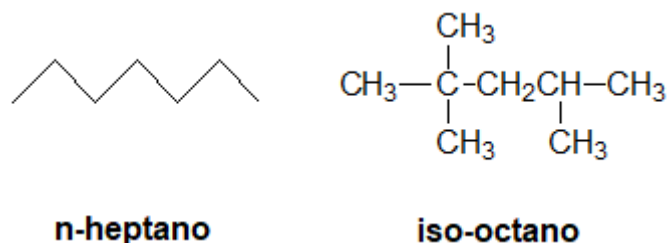


Figura 55: Fórmulas Estruturais do n-heptano (o hidrocarboneto de menor octanagem) e do iso-octano (maior octanagem)

4. Polímeros Naturais

A Bioquímica é a parte da Química que estuda os compostos constituintes dos seres vivos. Em linhas gerais, estudaremos:

- Lipídios;
- Glicídios;
- Aminoácidos e proteínas;
- Ácidos nucleicos;

4.1. Gorduras

Os óleos e gorduras são ésteres do glicerol (propanotriol) com ácidos graxos.

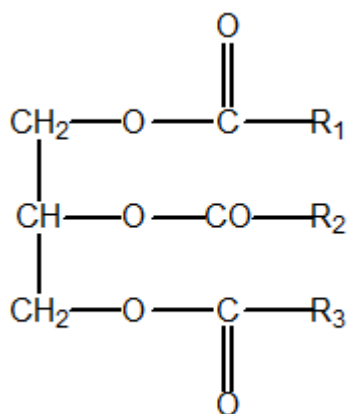


Figura 56: Forma Geral de um Óleo ou Gordura

Os ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de cadeia alquílica longa, que pode conter de 4 a 28 carbonos, saturada ou insaturada. Normalmente, os ácidos apresentam um número de par de carbonos, mas existem alguns casos de ácidos graxos com número ímpar de carbonos.





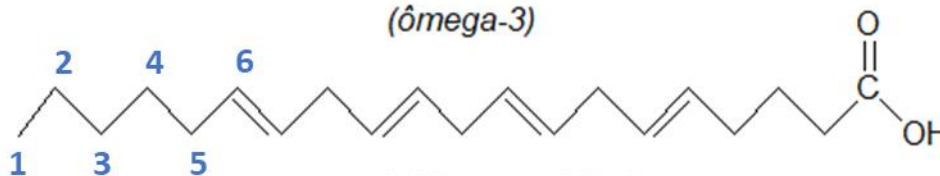
ácido esteárico
(ácido octadecanóico)

Figura 57: Exemplo de Ácido Graxo Saturado

Quando insaturados, é comum a numeração usando o sistema **omega**, em que a numeração começa da extremidade oposta à carboxila.



ácido alfa-linolênico
(ômega-3)



ácido araquidônico
(ômega-6)

Figura 58: Exemplos de Ácidos Graxos Insaturados

Em geral, a literatura cita que as principais diferenças entre os óleos e as gorduras são que as gorduras são formadas por ácidos graxos saturados e são sólidas à temperatura ambiente, enquanto os óleos são formados por ácidos graxos insaturados e são líquidos à temperatura ambiente.

Tabela 1: Diferenças entre Óleos e Gorduras

Óleos	Gorduras
Ácidos graxos insaturados	Ácidos graxos saturados
Líquidos à temperatura ambiente	Sólidas à temperatura ambiente
Origem Vegetal	Origem Animal

Vale ressaltar que, embora isso seja relatado pela literatura, a temperatura de fusão de um composto depende de sua estrutura molecular. Por exemplo, o óleo de coco apresenta uma cadeia saturada, porém curta, formada por 12 átomos de carbono. Por ter cadeia curta, ele é líquido.

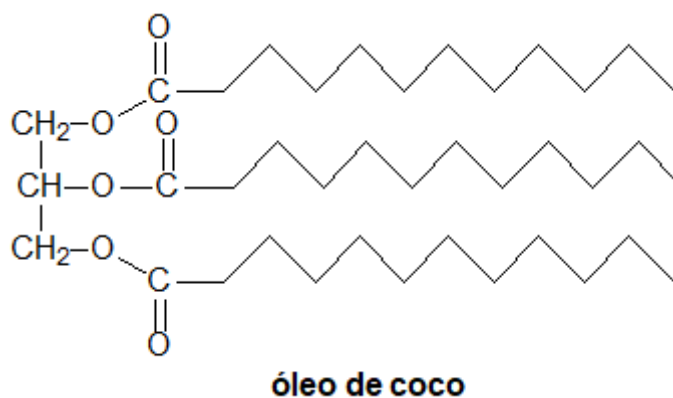


Figura 59: Molécula de óleo de coco

O óleo de coco é considerado um óleo, porque é líquido à temperatura ambiente. Porém, note que ele é saturado, ao contrário da regra geral.

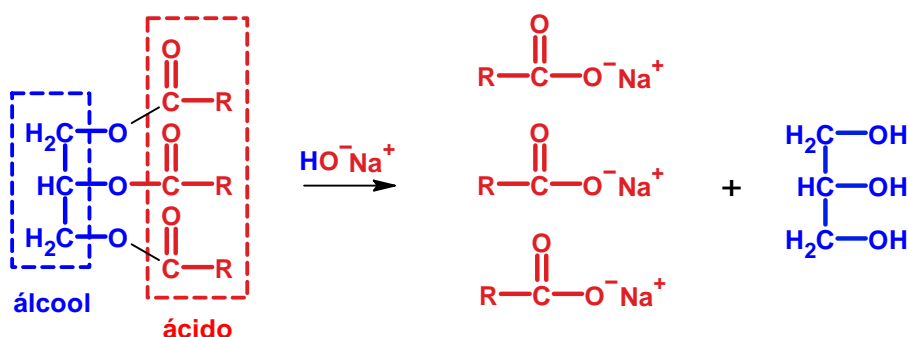
As gorduras dão origem a muitos produtos importantes para a indústria química. Entre eles, podemos citar:

- Os sabões, por hidrólise alcalina;
- O biodiesel, por transesterificação;
- A nitroglicerina, por nitração do glicerol.

4.1.1. Sabões

Os sabões são sais de sódio de ácidos graxos. Como vimos no Capítulo sobre Ésteres, eles sofrem hidrólise alcalina produzindo um sal e liberando o álcool que constitui sua estrutura.

Como uma gordura é um éster de um ácido graxo com o glicerol, ela sofre essa reação, liberando sabões.



Os sabões são capazes de interagir tanto com água como com gorduras.

Em geral, os sabões são sais de sódio e ácido carboxílico de cadeia apolar muito longa, como a ilustrada na Figura 60.

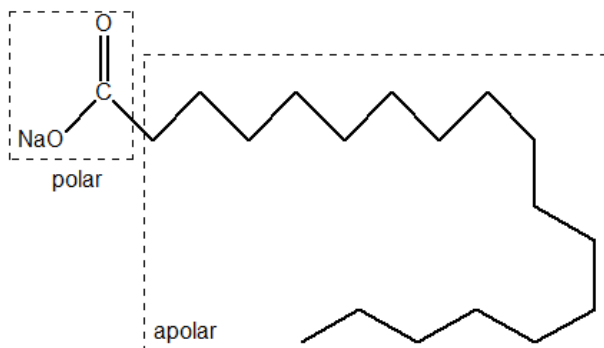


Figura 60: Estrutura do Sabão

A imensa cadeia apolar do sabão é capaz de interagir e, até mesmo, dissolver gorduras. Já a parte polar é capaz de interagir com a água.

Esse fenômeno é conhecido como **formação de micelas** e está ilustrado na Figura 61.

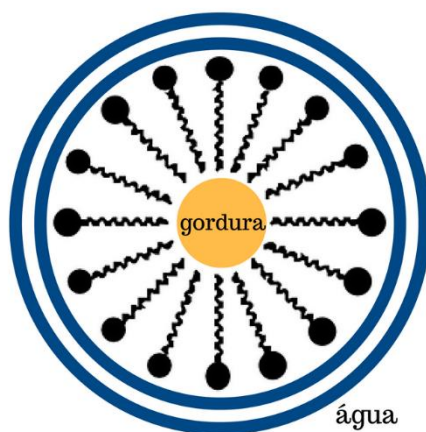


Figura 61: Formação de Micelas: a parte apolar do sabão interage com a gordura, enquanto que a parte polar interage com a água

Nas micelas, a parte apolar do sabão interage somente com a gordura, mas não com a água.

Devido à interação mista com a água e com gorduras, o sabão é capaz de permitir que a água da torneira seja capaz de arrastar gotas de gordura que deixam a louça suja.

Um efeito interessante do sabão é que, como as micelas são carregadas negativamente, elas podem ser dispersadas facilmente por cargas positivas mais elevadas.

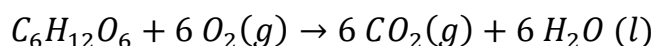
4.1. Glicídios

Os glicídios, hidratos de carbono ou açúcares são compostos que se encontram em grande abundância nos reinos animal e vegetal. Representam as principais fontes de acúmulo de energia para os seres vivos.

Os monossacarídeos são as moléculas básicas de glicídios. Não sofrem hidrólise e geralmente são funções mistas: aldeído ou cetona + álcool.

A nomenclatura hidrato de carbono se relaciona com o fato de que muitos monossacarídeos possuem fórmula mínima CH_2O , mas isso não é um pré-requisito.

Dentre os monossacarídeos, a glicose é o mais importante, pois é o principal carboidrato utilizado na respiração celular, que é essencialmente a combustão controlada desse composto.



O monossacarídeo mais simples é o aldeído glicérico, em que a denominação D se refere ao enantiômero dextrogiro.

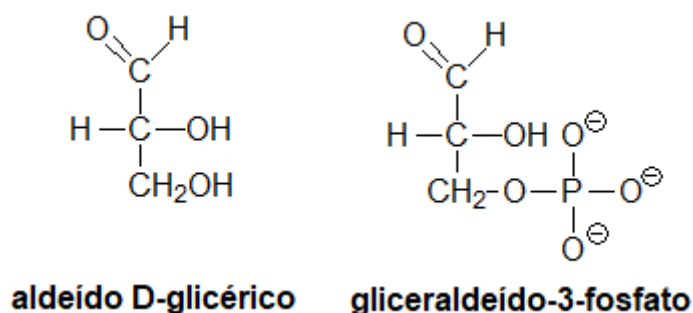


Figura 62: Aldeído D-glicérico

O aldeído D-glicérico tem uma importância muito grande na **fotossíntese**, pois o **produto final** do Ciclo de Calvin é exatamente o **3-fosfato-gliceraldeído**, que é um éster do aldeído glicérico. Para entender esse último composto, lembre-se que o aldeído D-glicérico é também um álcool.

4.1.1. Síntese de Kilani

A grande importância do aldeído D-glicérico é que a Síntese de Kilani, que se baseia nas propriedades de adição nucleofílica a aldeídos e cetonas.



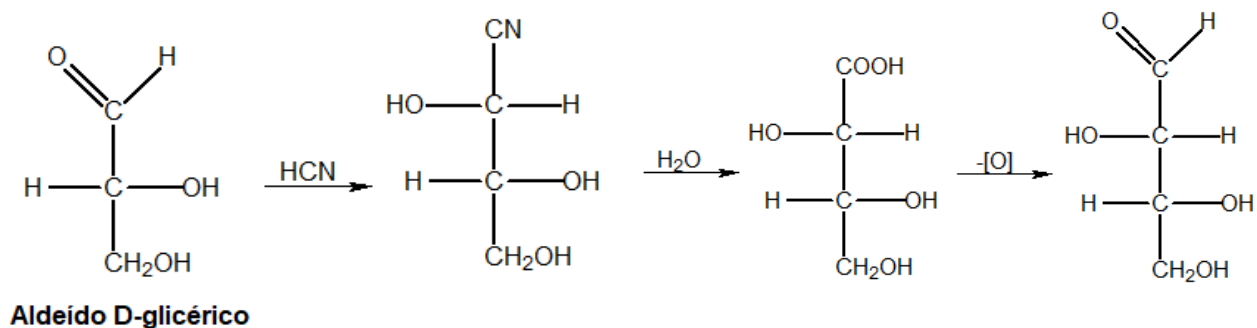


Figura 63: Síntese de Kiliani para Monossacarídeos

Observe que a primeira etapa da reação mostrada na Figura 63 é uma adição nucleofílica de HCN a um aldeído. Na adição nucleofílica, o hidrogênio se adiciona ao oxigênio do grupo aldeído,

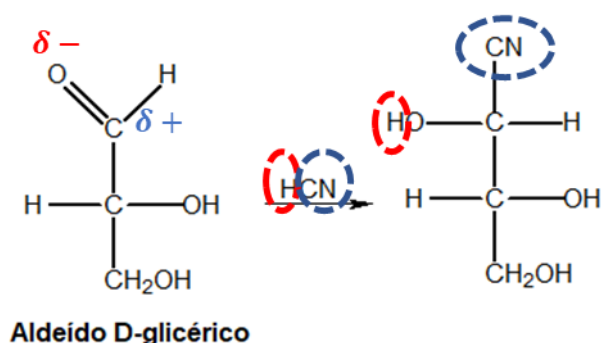


Figura 64: Entendendo a Etapa de Adição Nucleofílica da Síntese de Kiliani

A seguir, o grupo cianeto sofre hidrólise, dando origem a uma carboxila e uma molécula de amônia (NH₃) – essa é uma reação característica de nitrilas. Com a desoxidação da carboxila produzida na terceira etapa

A reação ilustrada na Figura 63 poderia ser aplicada sucessivamente para transformar um açúcar de 4 carbonos em outro açúcar de 5 carbonos e, mais uma vez, para formar um açúcar de 6 carbonos. O uso de catalisadores específicos pode modificar o lado em que os grupos OH se ligam na molécula, produzindo isômeros específicos.

Os açúcares mais conhecidos são a glicose (aldose) e a frutose (cetose).

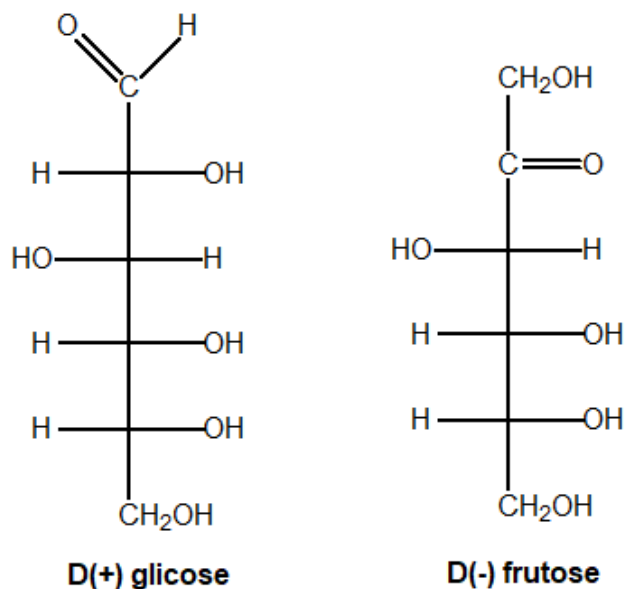


Figura 65: Estruturas da Glicose e da Frutose

A D-glicose e a D-frutose são denominadas assim, porque suas estruturas se originam do aldeído D-glicérico. Isso é bastante visível nos dois carbonos inferiores, que possuem a mesma configuração dos carbonos do aldeído glicérico.

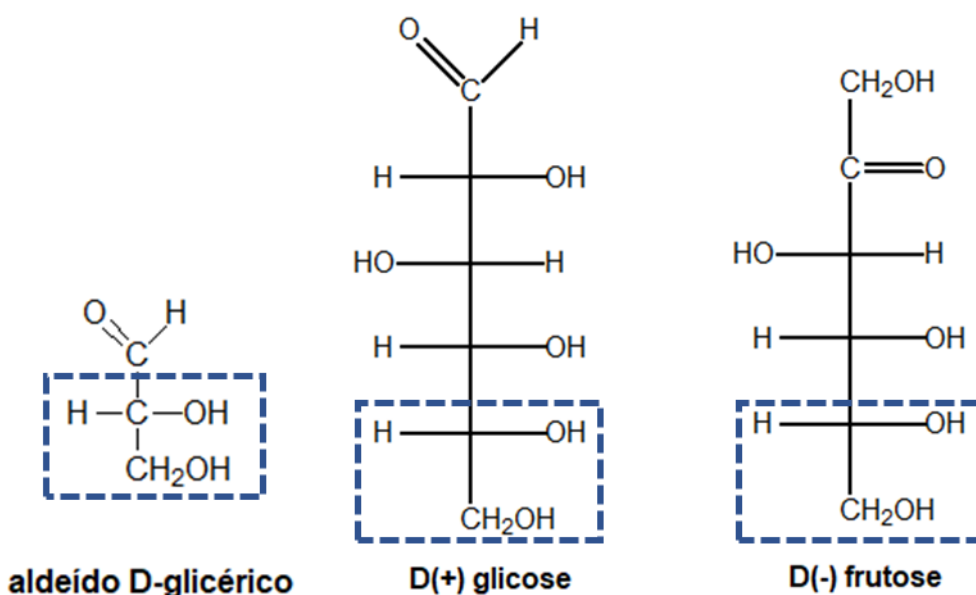


Figura 66: Comparação entre as estruturas do aldeído D-glicérico, da D-glicose e da D-frutose

A molécula de D-frutose é levogira, porém, é denominada D, porque sua estrutura se origina do aldeído D-glicérico. Essa molécula é um exemplo muito importante de que é praticamente impossível prever qual isômero será levogiro ou dextrogiro com base na sua estrutura molecular.

Uma maneira antiquada (porém, pode ainda aparecer nas provas) é representar o grupo aldeído ou cetona por uma bola e os grupos OH pela ligação, enquanto os hidrogênios são omitidos. A base, que não possui um centro estereogênico, é representada por duas barras.

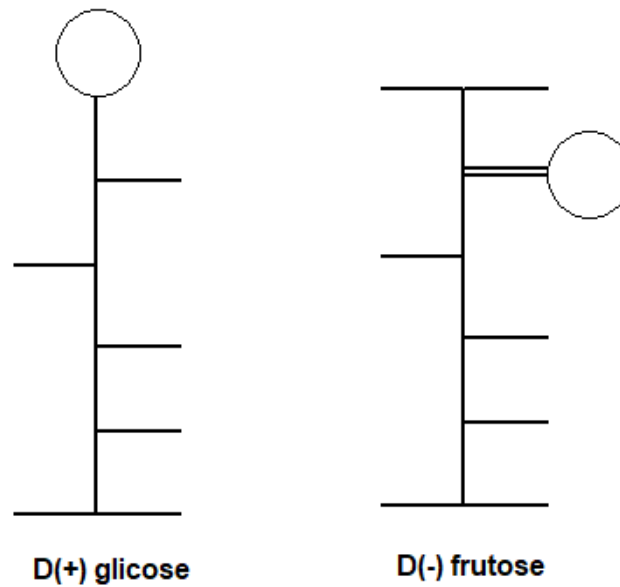


Figura 67: Representações Antiquadas para as moléculas de Glicose e Frutose

4.1.2. Formas Cíclicas dos Monossacarídeos

Os monossacarídeos podem se transformar numa cadeia cíclica de duas formas: pela interação dos carbonos 1 e 4, formando um anel de 5 membros, ou pela interação dos carbonos 1 e 5, formando um anel de 6 membros. A seguir, temos as formas para a frutose.

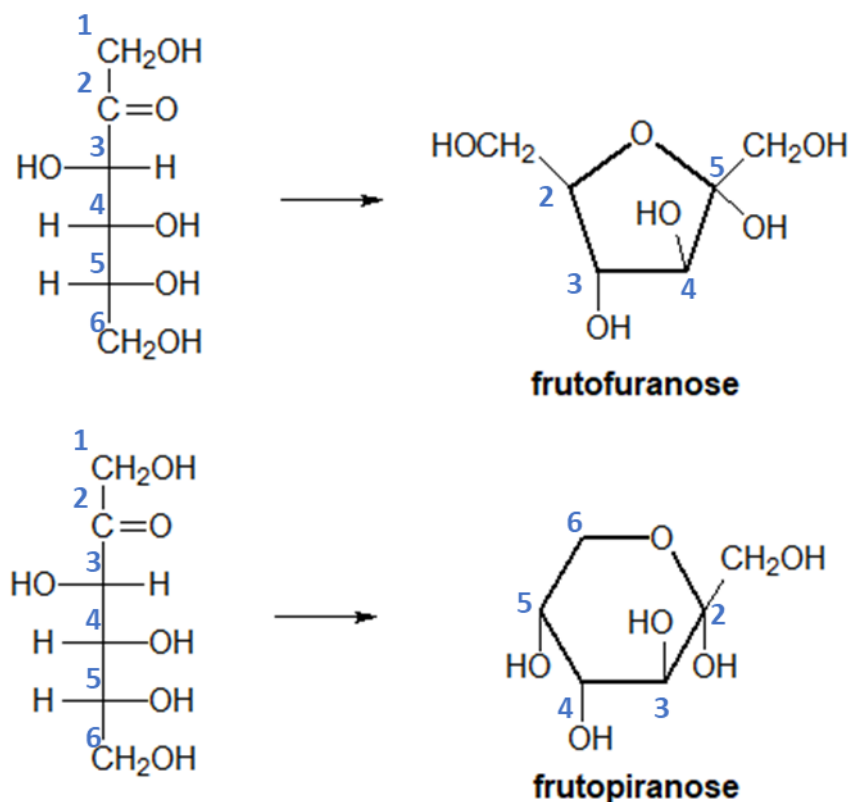


Figura 68: Formas Cíclicas da Frutose

Os termos “frutofuranose” e “frutopiranosose” se referem à semelhança que esses compostos apresentam com o furano e o pirano.

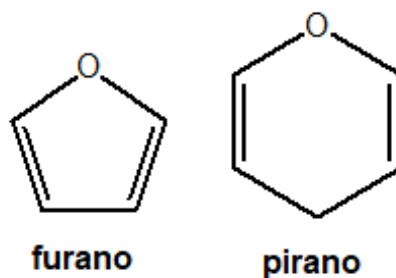


Figura 69: Moléculas de furano e pirano

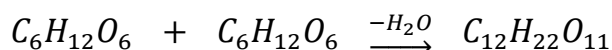
Observe que a frutofuranose e a frutopiranosose são substâncias químicas diferentes da frutose. Além disso, elas pertencem a funções diferentes – a frutofuranose e a frutopiranosose são éteres, em vez de cetonas. Porém, é relativamente comum que alguns materiais se refiram a elas como “frutose na forma cíclica” .

Vale ressaltar, ainda, que, na maioria dos processos metabólicos, a frutose e a glicose se encontram na sua forma cíclica.

É interessante vocês já terem visto alguma vez a ciclicização dessas moléculas, porque é um tema que pode cair em prova.

4.1.3. Polissacarídeos

Os monossacarídeos servem como unidades estruturais para açúcares de cadeias maiores. As estruturas mais básicas são os dissacarídeos, como a sacarose.



Glicose

Frutose

Sacarose

A sacarose é um dissacarídeo, porque é composta de duas moléculas de monossacarídeos. Uma aplicação interessante dessa reação é o açúcar invertido.

A expressão açúcar invertido se deve ao fato de que a sacarose é dextrogira, enquanto que a mistura de glicose e frutose é levogira devido à frutose. Já a utilidade do açúcar invertido reside no fato de que a frutose é mais doce que a sacarose, portanto, uma quantidade menor de açúcar invertido é necessária para adoçar alimentos. Com menos açúcar, o alimento se torna menos calórico.

O amido e a celulose, por sua vez, são polímeros da glicose.

É interessante notar, ainda, que pode haver a formação de heterosídeos, que são compostos formados pela união entre monossacarídeos e outras moléculas. É o caso da amigdalina, cuja hidrólise produz cianeto de hidrogênio e benzaldeído.

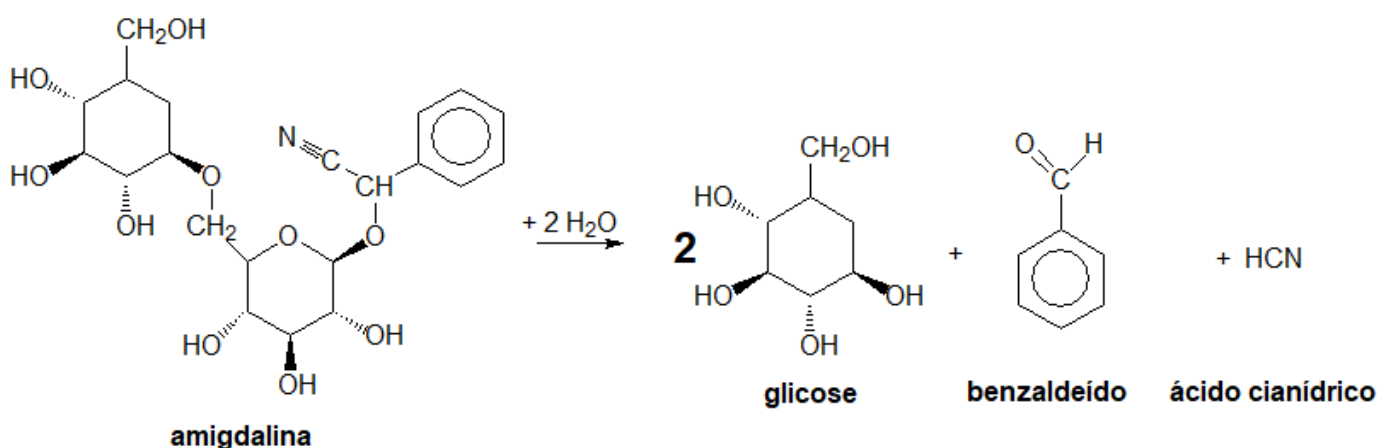


Figura 70: Hidrólise da Amigdalina, um exemplo de heterosídeo

A fim de facilitar a sua visualização da reação de hidrólise da amigdalina, podemos destacar os pontos em que acontece a quebra da molécula.

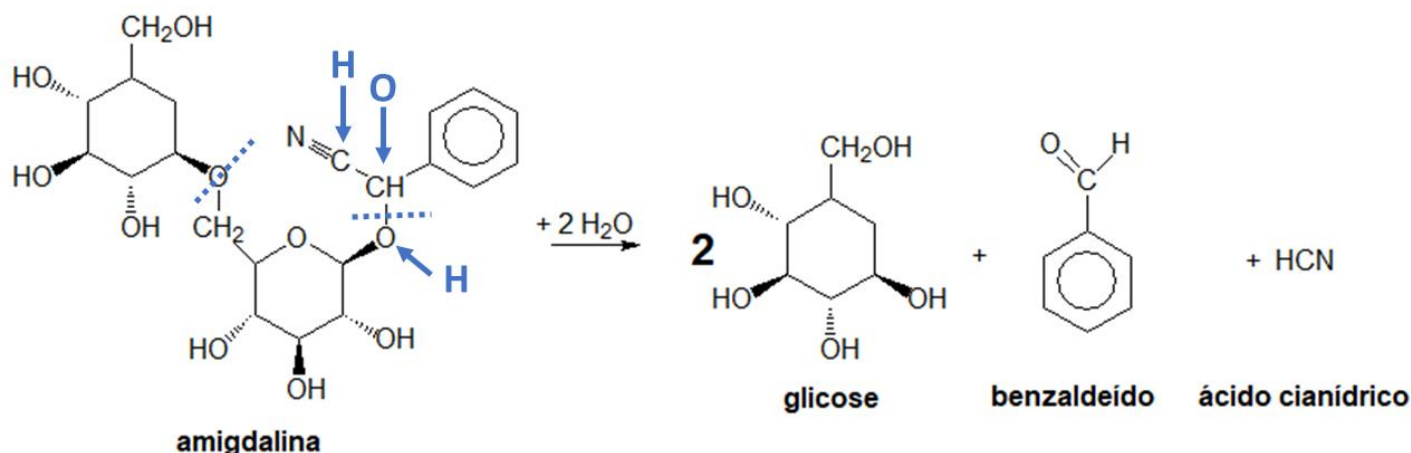


Figura 71: Destrinchando a Hidrólise da Amigdalina

4.2. Proteínas

As proteínas são macromoléculas que resultam principalmente da condensação de aminoácidos, encontrados nos animais e vegetais, e constituem os mais complexos compostos já conhecidos.

Elas possuem diversas funções nos seres vivos. Entre elas, podemos destacar:

- **Estrutural:** compõem as estruturas dos tecidos. É o caso do colágeno e da queratina;
- **Enzimática:** aceleram reações químicas, permitindo que os processos metabólicos sejam realizados de forma rápida.
- **Imunológica:** os anticorpos são proteínas produzidas pelo sistema imunológico do corpo humano;
- **Transportadora:** as proteínas também fazem o papel de transportar moléculas pelo corpo humano, desde moléculas simples, como o gás oxigênio, que é transportado pela hemoglobina, até moléculas mais complexas, como hormônios.
- **Hormonal:** os hormônios são sinalizadores para as células, induzindo-as a produzir ou deixar de produzir substâncias, de modo a atender as necessidades fisiológicas dos organismos. Alguns hormônios também possuem natureza protéica.

As proteínas são classificadas em:

- **Proteídeos Simples** (ou Holoproteídeos): são aqueles, cuja hidrólise produz **apenas** aminoácidos;
- **Proteídeos Complexos** (ou Heteroproteídeos): são aqueles, cuja hidrólise libera outras substâncias, como ácido fosfórico e pequenos glicídios ou lipídios. Essas substâncias são denominadas **grupo prostético**. É o caso da hemoglobina, cuja hidrólise produz ferro.



4.2.1. Aminoácidos

Os aminoácidos são os monômeros componentes das macromoléculas de proteínas. Como o próprio nome diz, eles possuem duas funções orgânicas: ácido e amina.

Os aminoácidos humanos são todos alfa-aminoácidos. Ou seja, o grupo amina está ligado a um carbono vizinho ao grupo carboxílico. A forma geral dos alfa-aminoácidos é mostrada na Figura 72.

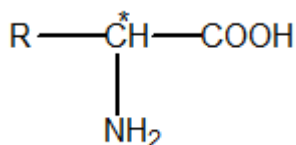


Figura 72: Forma Geral de um Aminoácido

O carbono marcado com asterisco é chamado normalmente de carbono alfa e um centro estereogênico, exceto no caso da glicina. Dessa maneira, à exceção da glicina, todos os aminoácidos são opticamente ativos.

A maioria dos aminoácidos possui o grupo $-\text{NH}_2$, porém, existem alguns poucos aminoácidos N-substituídos, como a prolina, cuja estrutura é mostrada na Figura 73.

As proteínas humanas são constituídas por 20 aminoácidos.



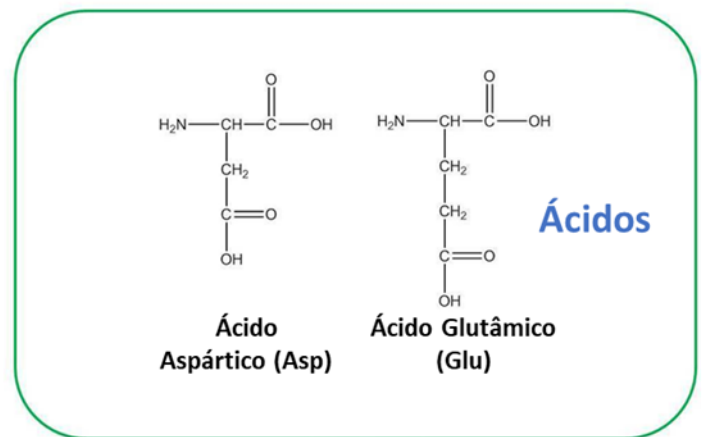
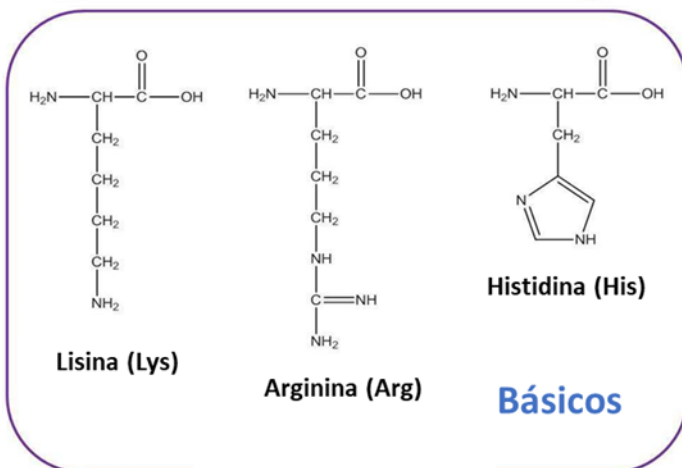
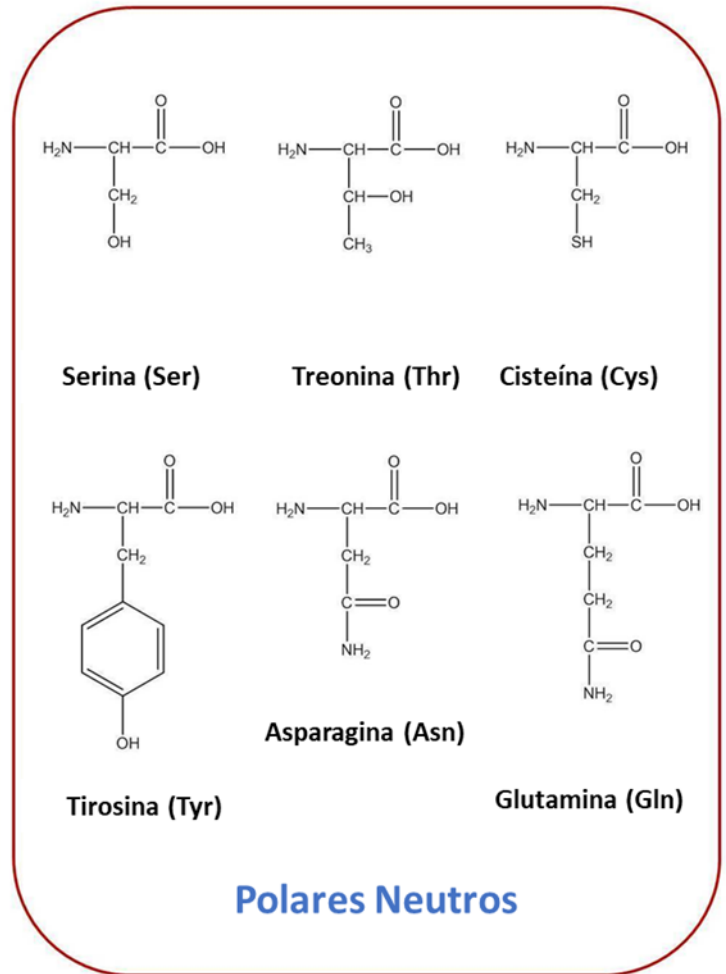
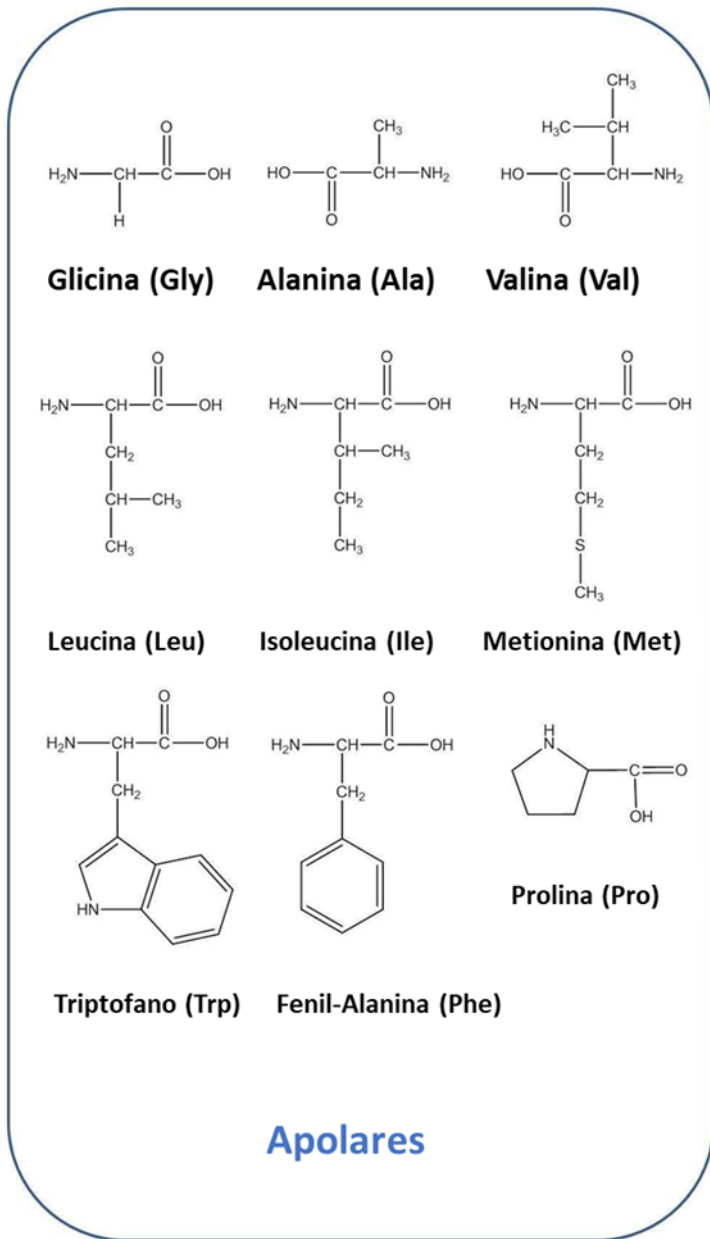


Figura 73: Aminoácidos Componentes das Proteínas Humanas



Os aminoácidos podem ser classificados de acordo com o grupo R– em:

- **Apolares Neutros:** quando o grupo R é apolar. **Ex.:** valina, leucina e alanina.
- **Polares Neutros:** quando o grupo R é polar, mas não apresenta grupo carboxila nem grupo amina. **Ex.:** cisteína e serina.
- **Polares Básicos:** quando o grupo R apresenta a função amina. **Ex.:** histidina e arginina.
- **Polares Ácidos:** quando o grupo R apresenta a função ácido carboxílico. **Ex.:** ácido glutâmico.

Vale ressaltar que os aminoácidos mostrados na Figura 73 são os constituintes das proteínas humanas. Existem muitos outros que são utilizados por outros seres vivos. Podemos citar como exemplo: a hidróxi-prolina, que é um aminoácido vital para o metabolismo de corais, e a taurina, que é um beta-aminoácido essencial para os gatos – porém, tóxico para os cachorros, portanto, você não pode deixar o seu cachorro comer ração de gato, ok?

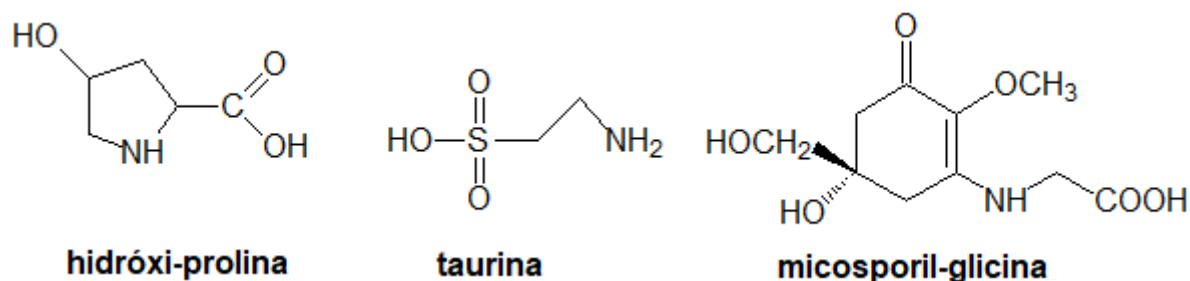


Figura 74: Exemplos de Aminoácidos não utilizados pelas proteínas humanas

A taurina também é um dos princípios ativos de energéticos. Uma marca muito conhecida chega a apresentar a impressionante concentração de 4 g/L do aminoácido e 320 mg/L de cafeína. Uma amostra de 250 mL desse energético contém aproximadamente a mesma quantidade de cafeína presente em um xícara de café (80 mg). Ele se destaca pelos níveis de taurina.



Figura 75: A taurina é um dos princípios ativos de energéticos

Os aminoácidos micosporil – em inglês, mycosporine-like amino acids (MAA) – são metabólitos secundários produzidos por indivíduos marinhos que os protegem da radiação solar. Servem como um filtro solar natural.

Os filtros solares humanos funcionam a base de outras substâncias, como a oxibenzona, que é um composto tóxico. Estudos apontam que ela pode ser absorvida pela pele e penetrar nas suas camadas mais profundas. Além disso, quando espalhada pela água, pode provocar efeitos colaterais no mar.

Os micosporil, por sua vez, não teriam esses efeitos colaterais, tendo em vista que são aminoácidos que podem ser digeridos pelo corpo humano e já estão presentes naturalmente na água do mar. Será que, em alguma pesquisa científica no futuro, conseguiremos projetar filtros solares à base desse tipo de substância?

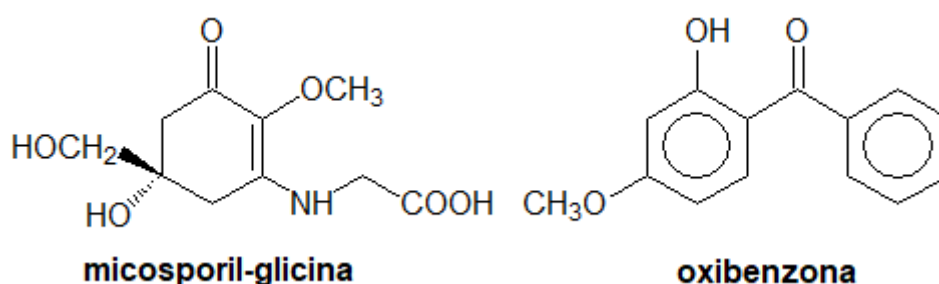


Figura 76: Moléculas de Micosporil-Glicina e Oxibenzona



À exceção da glicina, os aminoácidos apresentam atividade óptica. Porém, em todos os seres vivos, são conhecidos apenas *l*-aminoácidos – ou seja, levogiros.

Em março de 2009, pesquisadores do Goddard Spaceflight Center encontraram aminoácidos em um asteroide. Para a surpresa de todos, foram encontradas também apenas moléculas de *l*-aminoácidos.

Esse incidente despertou a teoria de que moléculas essenciais à vida na Terra tiveram origem no espaço.

4.2.2. Estrutura Primária

A estrutura primária das proteínas é formada pela sucessão dos aminoácidos que a constituem unidos por **ligações peptídicas**.

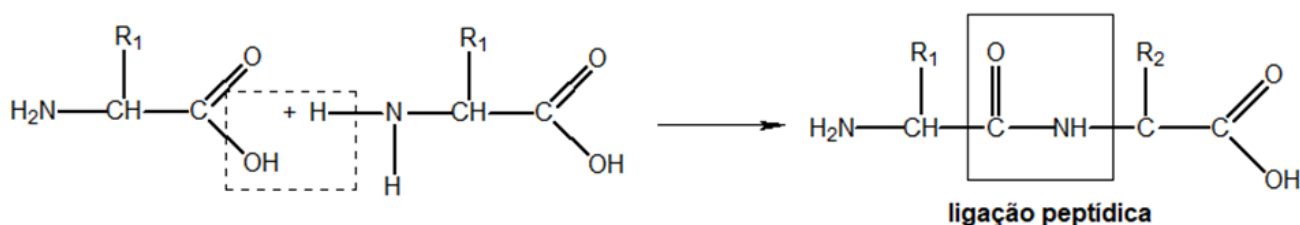


Figura 77: Formação da Ligação Peptídica

Um ponto que devemos chamar atenção sobre a ligação peptídica é que ela forma um grupo **amida**, que é **bastante polar**.

Uma proteína é constituída por, no mínimo, 50 aminoácidos. Menos que isso, considera-se apenas um **polipeptídeo**.

A estrutura primária de uma proteína é dada pela sequência dos aminoácidos ao longo da cadeia polipeptídica. Como exemplo, mostramos a estrutura primária da transtiretina, que é uma proteína transportadora encontrada no corpo humano.

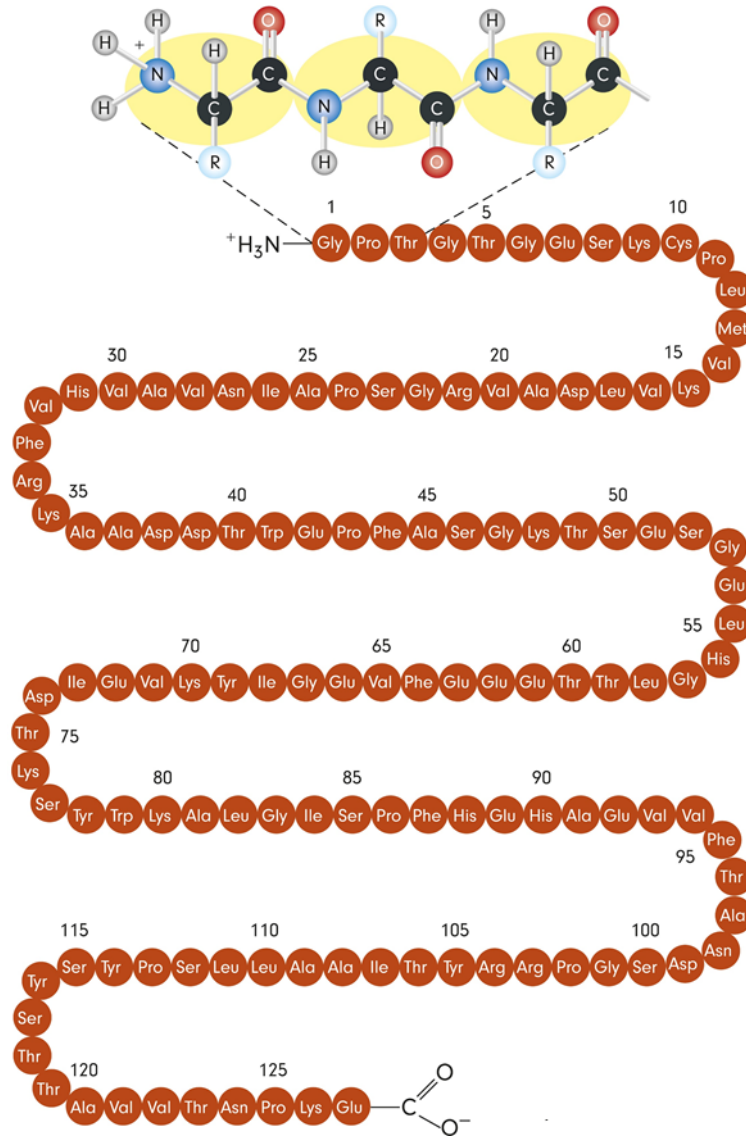


Figura 78: Estrutura Primária da Proteína Transtiretina

É possível que a proteína apresente várias cadeias de aminoácidos paralelas. É o caso da insulina. Porém, essas cadeias só podem se unir pela estrutura terciária, que será vista mais adiante.

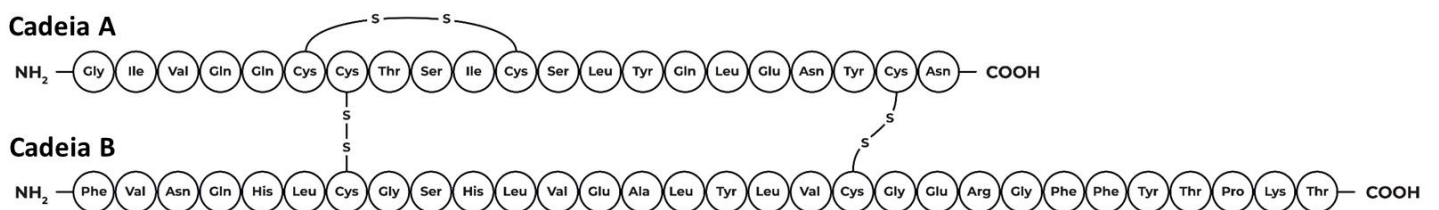


Figura 79: Estrutura Primária da Insulina

4.2.3. Estrutura Secundária

Devido à polaridade da ligação peptídica, dois aminoácidos relativamente distantes podem interagir por meio de uma ponte de hidrogênio, formando principalmente dois tipos de estruturas:

- **Hélices α ou α -Hélices:** nessa estrutura, o esqueleto da proteína se enrola, formando uma estrutura assemelhada a uma espiral. Nas estruturas de hélice, os radicais **R** dos aminoácidos se projetam para fora da espiral.

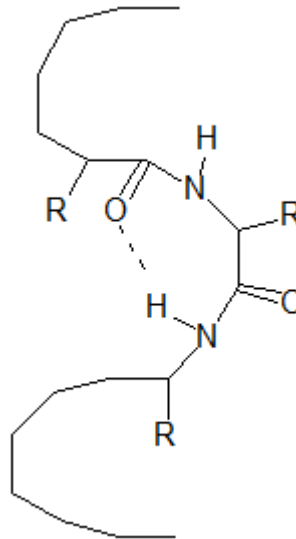


Figura 80: Ponte de Hidrogênio entre dois aminoácidos em uma proteína formando uma hélice

O resultado dessas pontes de hidrogênio é a formação de uma estrutura de hélice, que pode ser visualizada na Figura 81.

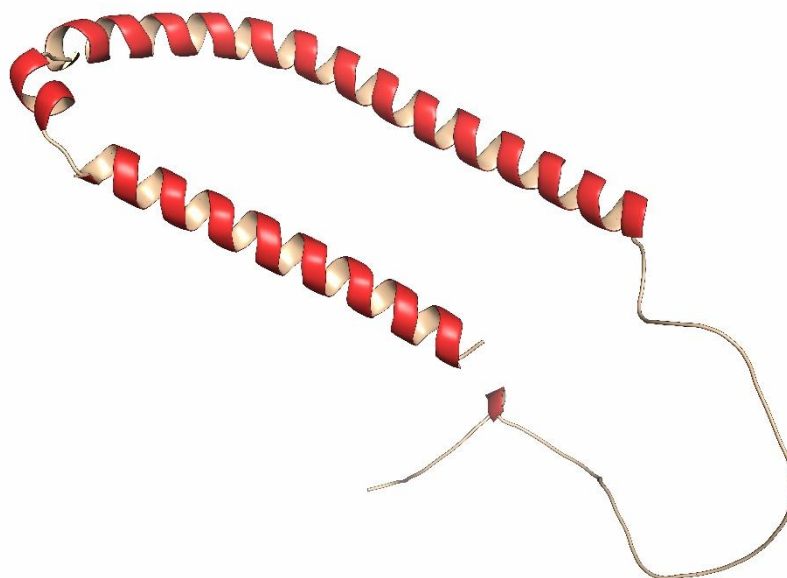


Figura 81: Representação da Estrutura Secundária da Alfa-sinucleína

A alfa-sinucleína, mostrada na Figura 81, é um dos compostos que formam os corpos de Lewy. A presença desses corpos é uma das causas do mal de Parkinson é uma doença neurodegenerativa, crônica e progressiva, que induz a disfunções nos movimentos. Os músculos tremem e, com isso, a pessoa não consegue nem mesmo segurar pequenos objetos, como um copo.

A presença de aminoácidos prolina, que não possuem $-NH_2$, torna inviável a formação de estrutura secundária naquele ponto, fazendo que a estrutura da proteína se torne ligeiramente reta em alguns trechos, como mostrado na Figura 81.

- **Folhas β ou β -Folhas:** nessa estrutura, uma sequência relativamente longa de aminoácidos, tipicamente em torno de 10 aminoácidos, se forma antes de a estrutura se dobrar.

As folhas β podem se formar em duas configurações: paralelas e antiparalelas. Nas folhas paralelas, os grupos **R** dos aminoácidos

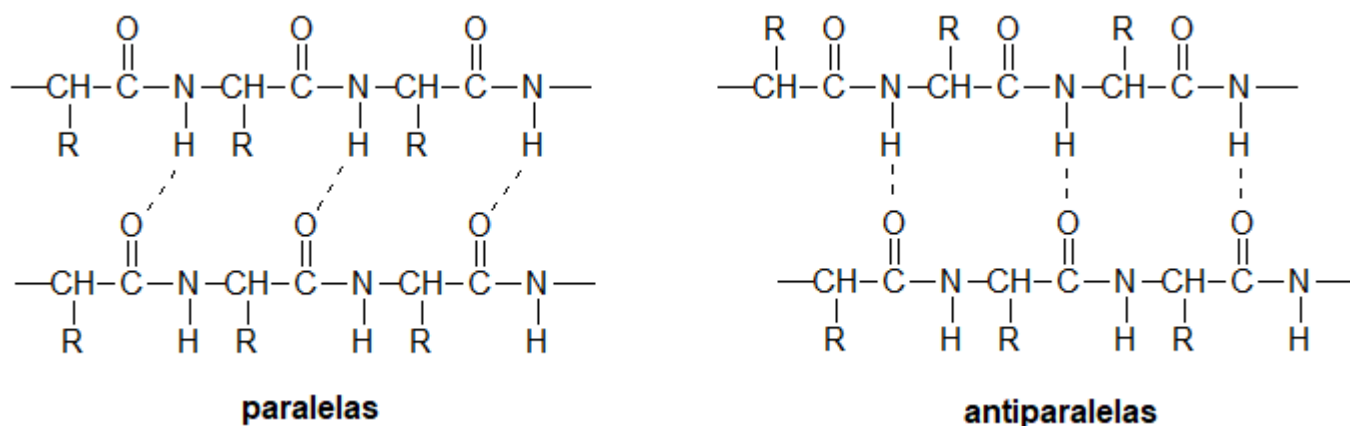


Figura 82: Pontes de Hidrogênio nas Proteínas em folhas β

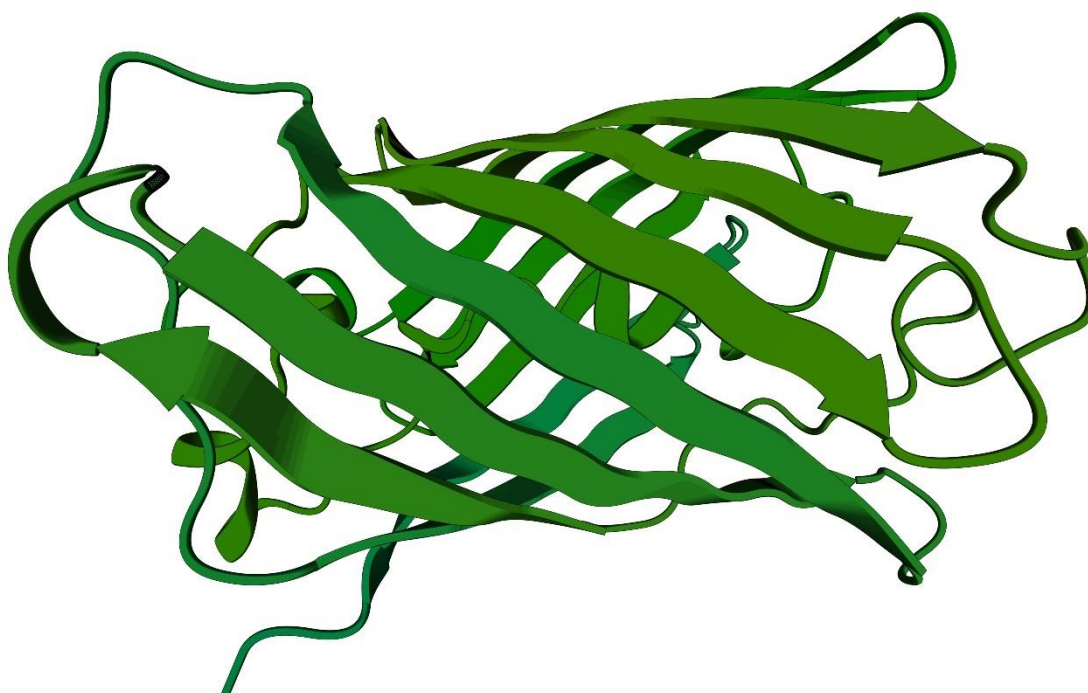


Figura 83: Exemplo de Proteína em Folha β

Outro ponto a se observar é que as pontes de hidrogênio que formam a estrutura secundária da proteína impedem que os seus grupos amida interajam com a água. Por isso, as proteínas, de maneira geral, são **hidrofóbicas**, em especial, quando possuem muitos aminoácidos apolares em sua estrutura.

Teoricamente, é possível que uma proteína não apresente estrutura secundária. Porém, como a imensa maioria dos aminoácidos possui o grupo -NH_2 , a imensa maioria das proteínas apresenta estrutura secundária, formando a hélice.

4.2.4. Estrutura Terciária

Já vamos começar essa seção com uma frase muito importante que pode ser tema de questões de prova.

A grande maioria das proteínas apresenta a estrutura secundária, porém, **nem todas apresentam a estrutura terciária.**

A estrutura terciária é restrita às proteínas que apresentam o aminoácido cisteína.

Dois trechos de proteína que apresentam o aminoácido cisteína em sua estrutura primária podem se unir formando uma ponte bissulfeto.

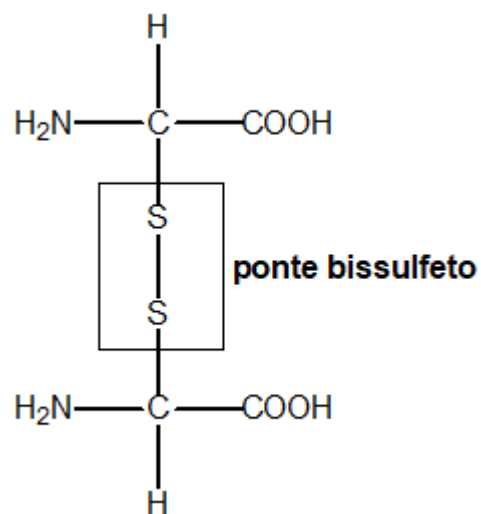


Figura 84: Formação de uma Ponte Bissulfeto entre dois Aminoácidos Cisteína

Essa ponte bissulfeto pode interligar duas cadeias polipeptídicas vizinhas, ou mesmo dois pontos distantes de uma mesma cadeia polipeptídica. Podemos visualizar ambas as pontes bissulfeto na insulina, mostrada na Figura 85.

É interessante observar que, enquanto a estrutura secundária, que pode ser visualizada pela estrutura em hélice, está presente em toda a estrutura da proteína, a estrutura terciária une duas cadeias polipeptídicas em um único ponto.

Como exemplo, tem-se a estrutura terciária da insulina, que é um hormônio produzido pelo pâncreas, cuja função é metabolizar a glicose para a produção de energia.

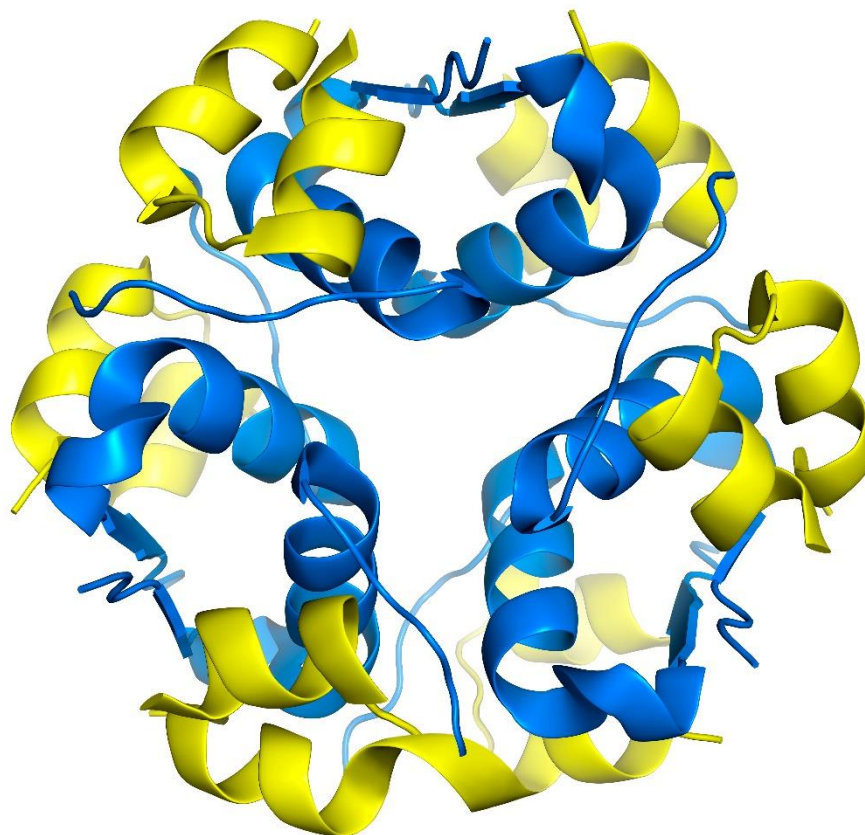
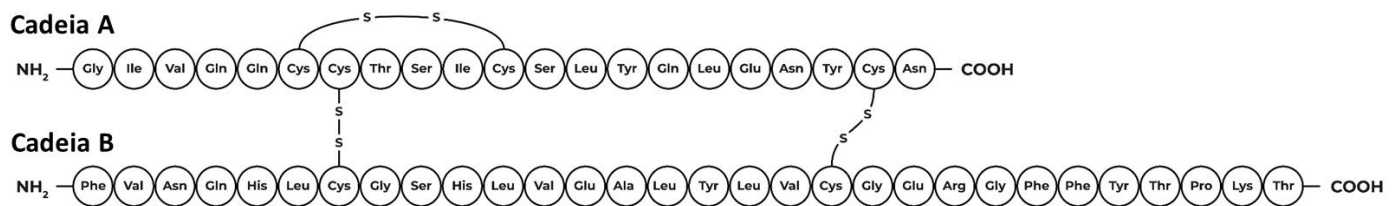


Figura 85: Estrutura Terciária da Insulina

A Figura 85 deixa claro que a maior parte da estrutura da proteína é uma hélice (estrutura secundária). Apenas em alguns pontos há uma união de duas partes da estrutura secundária por meio de uma ponte bissulfeto.

É interessante notar, ainda, que a ponte bissulfeto é **uma ligação apolar**. Portanto, as proteínas que apresentam estrutura terciária normalmente não interagem com a água, portanto, são muito difíceis de serem quebradas.

4.2.5. Estrutura Quaternária

A estrutura quaternária é formada por um **núcleo heme**, que é normalmente composto por um metal, como o ferro.

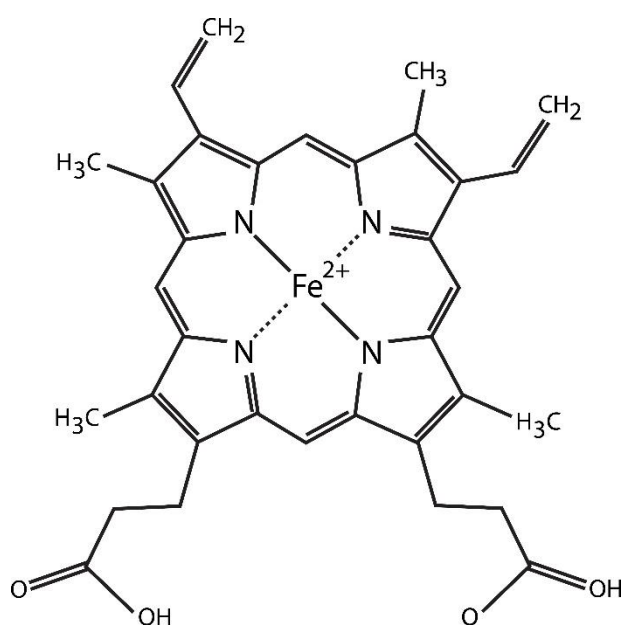


Figura 86: Núcleo Heme da Hemoglobina

A formação do núcleo heme é resultado da interação do íon Fe^{2+} , que age como eletrófilo, e vários grupos doadores de elétrons, com destaque para grupos nitrogenados e, em alguns casos, grupos éteres.

A presença de grupos doadores de elétrons envolta do íon ferroso o estabiliza na estrutura, de modo que esse íon passa agir como um interessante transportador de pequenas moléculas, como água e gases, como oxigênio, monóxido de carbono e dióxido de carbono.

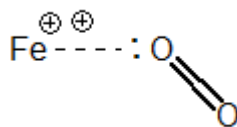


Figura 87: Interação do Núcleo Heme da Hemoglobina com o Oxigênio

A interação retratada na Figura 87 é um interessante caso de um íon-dipolo induzido. O íon ferroso é capaz de induzir um dipolo na molécula de oxigênio. Esse tipo de dipolo induzido explica também a possibilidade de se dissolver oxigênio em água.

Outra questão muito interessante, que já foi cobrada pela Olimpíada Internacional de Química (iChO), parte do fato de que o núcleo heme da hemoglobina é praticamente plano, devido à grande quantidade de átomos sp^2 em torno do ferro. Por causa disso, há uma ligeira diferença entre as interações do O_2 e do CO com esse núcleo.

Vejamos na Figura 88. O oxigênio (em O_2) apresenta dois pares de elétrons em torno de cada átomo. Ele utiliza um para se ligar ao ferro, portanto, o oxigênio ligado ao ferro apresentará hibridização sp^2 . Portanto, em volta do oxigênio que se liga ao ferro da hemoglobina, forma-se um arranjo triangular. Logo, a molécula de O_2 , quando se liga ao núcleo heme, fica inclinada em relação ao plano desse núcleo.

Devido a essa inclinação, o ângulo entre o par de elétrons da ligação O_2 e os pares de elétrons isolados no núcleo heme é de cerca de 60° , criando forte repulsão na estrutura do complexo HbO_2 .

Com isso, o complexo HbO_2 é instável. Logo, pode ser desfeito com facilidade. Isso é essencial, pois é assim que a hemoglobina transporta o oxigênio. A proteína é capaz de se ligar ao O_2 , porém, é capaz de facilmente liberar O_2 , permitindo a oxigenação dos tecidos.



HbO₂: forma complexo instável

HbCO: forma complexo estável

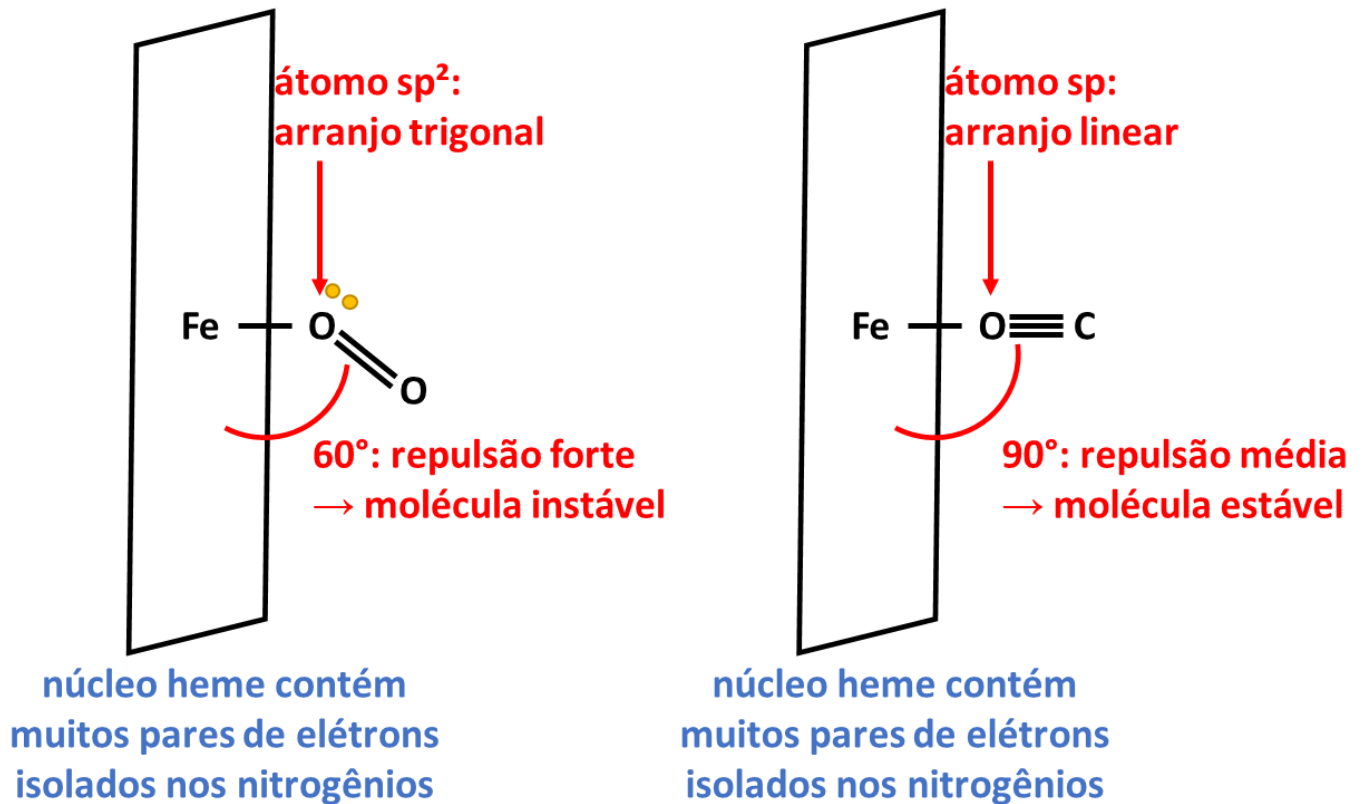


Figura 88: A hemoglobina forma um complexo instável com o oxigênio (O₂), mas estável com o monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é tóxico, justamente, porque se liga ao núcleo heme da hemoglobina, formando um composto estável.

A estabilidade do complexo **HbCO** se deve ao fato que o oxigênio ligado ao ferro, nesse caso, possui hibridização **sp**, logo, um arranjo linear em torno dele. Por causa disso, o ângulo de repulsão entre o par de elétrons da ligação CO e o núcleo heme é 90°, o que atenua bastante a repulsão.

Portanto, a hemoglobina, quando se liga ao monóxido de carbono, tem muito mais dificuldade de liberar essa molécula, fazendo que ela esteja ocupada e não seja mais capaz de transportar oxigênio. Assim, o monóxido de carbono pode matar por impedir que o oxigênio chegue aos tecidos humanos.

É interessante observar que proteínas que apresentam estrutura quaternária são capazes de interagir com a água, porque o núcleo heme é polar.

Em termos espaciais, o que diferencia a estrutura quaternária da terciária é que pode haver ligação entre mais de duas partes (geralmente 4 a 6) da estrutura secundária, como visto na Figura 89.

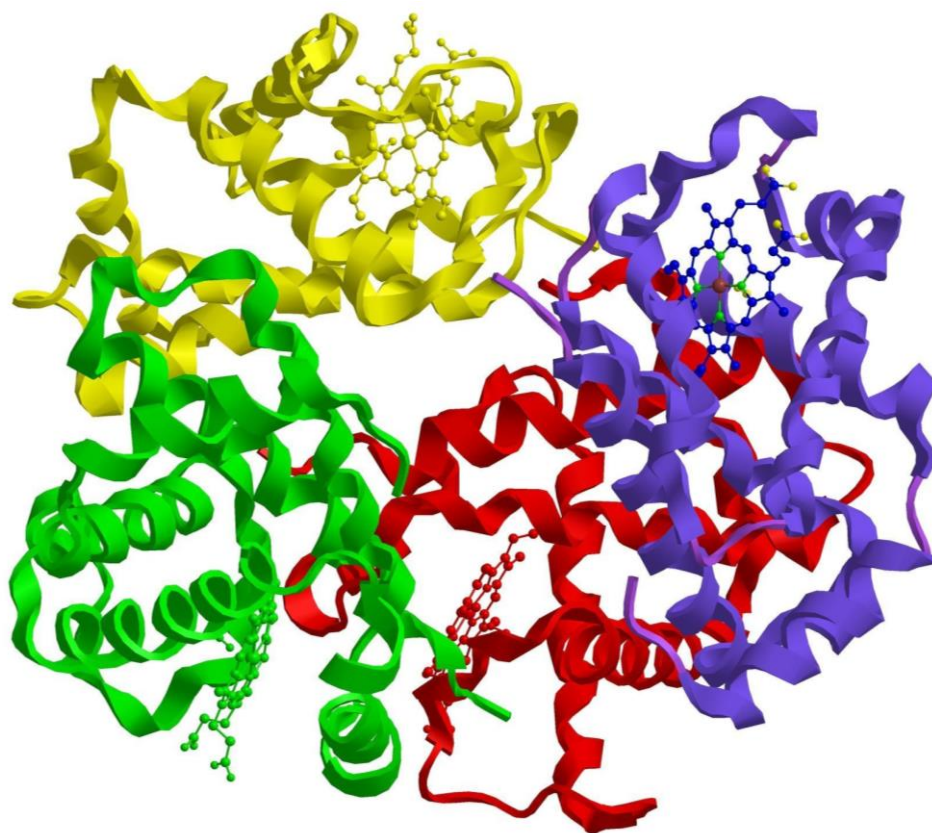


Figura 89: Estrutura da Hemoglobina

Há autores que não fazem distinção entre estrutura quaternária e terciária. Porém, a corrente dominante da doutrina da Bioquímica considera que sejam diferentes. Mas é interessante destacar que **a estrutura quaternária não depende da estrutura terciária.**

Como vemos na Figura 89, a hemoglobina apresenta tanto a estrutura terciária como a quaternária, mas elas acontecem em pontos diferentes da molécula.

4.3. Ácidos Nucleicos

Os ácidos nucleicos são os responsáveis pela transmissão da informação genética dos seres vivos, incluindo o ser humano. São divididos em dois grupos:

- **RNA:** ácido ribonucleico;



- **DNA:** ácido desoxi-ribonucleico.

Os ácidos nucleicos são compostos por unidades estruturais, conhecidas como **nucleotídeos**.

4.3.1. Bases Nitrogenadas

Antes de entender os nucleotídeos, precisamos conhecer as bases nitrogenadas que os compõem. Elas são classificadas em duas categorias:

- **Purínicas:** possuem um anel simples. São: timina, citosina e uracila.

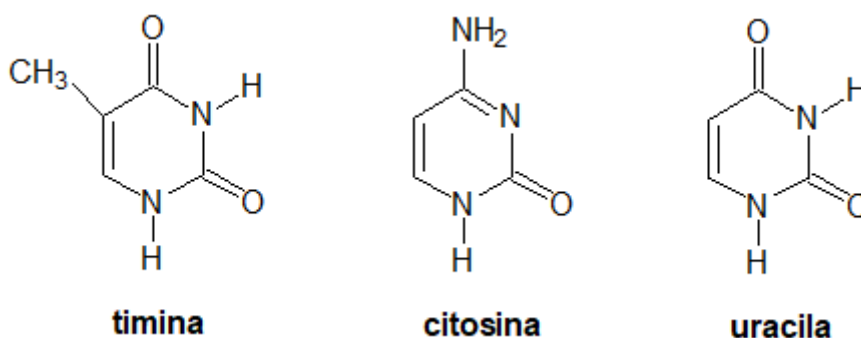


Figura 90: Bases Purínicas

- **Purínicas:** possuem um anel duplo. São a adenina e a guanina.

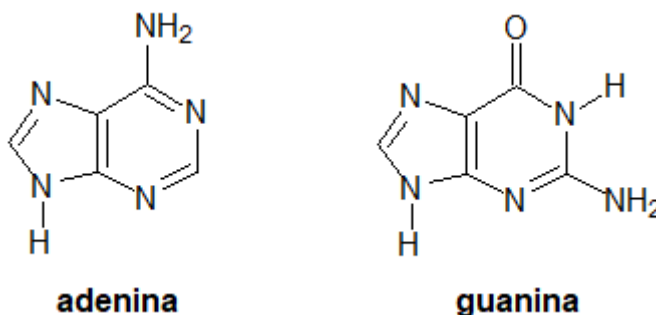


Figura 91: Bases Pirimídicas

Importante: as bases nitrogenadas que compõem o DNA são ATCG – adenina, timina, citosina e uracila. No RNA, a timina é substituída pela uracila.

Para fins de fixação, vamos repetir as bases nitrogenadas que compõem os ácidos nucléicos. Vamos destacar que o DNA é composto pela **timina** e que o RNA é composto pela **uracila**.

Tabela 2: Bases Nitrogenadas que compõem o DNA e o RNA

Compõem o DNA	Compõem o RNA
Adenina	Adenina
Timina	Uracila
Citosina	Citosina
Guanina	Guanina

É importante também conhecer as interações entre as bases nitrogenadas. A guanina e a citosina podem interagir por meio de três pontes de hidrogênio.

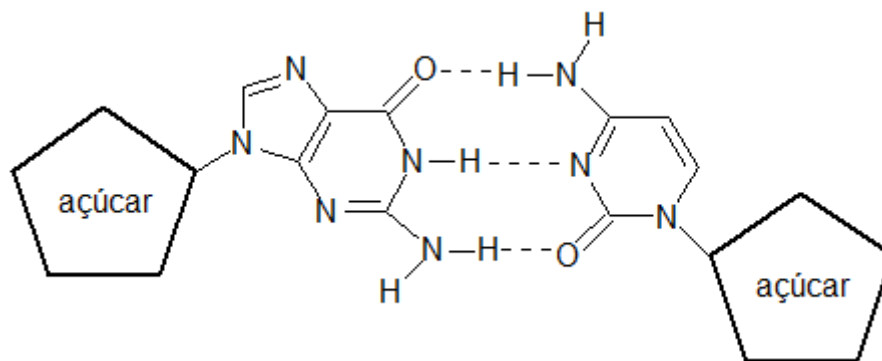


Figura 92: Citosina e Guanina formam três pontes de hidrogênio

Por outro lado, a adenina pode interagir com a timina formando duas pontes de hidrogênio.

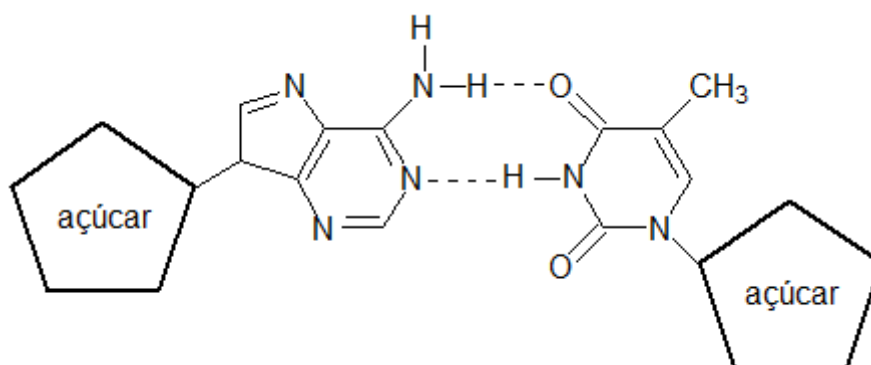


Figura 93: Adenina e Timina formam duas pontes de hidrogênio

Diante do exposto na Figura 92 e na Figura 93, as bases $C \equiv G$ e as bases $A = T$ possuem maior afinidade entre si. Isso é muito importante de saber para a compreensão da estrutura secundária do DNA.

Também é necessário memorizar quais bases nitrogenadas interagem entre si.

Tabela 3: Interações entre as Bases Nitrogenadas nos Ácidos Nucléicos

DNA	RNA	Dica
$A = T$	$A = U$	Agnaldo Timóteo
$C \equiv G$	$C \equiv G$	Gal Costa



CURIOSIDADE

TATA Box

As interações A–T são mais fracas que as interações C–G. Por isso, em várias espécies de bactérias, é comum a formação da TATA Box, que se trata de uma longa sequência de bases nitrogenadas adenina e timina em seu DNA.

A TATA Box é mais fácil de ser rompida, portanto, essas espécies estão mais sujeitas a mutações.

No caso de bactérias, as mutações são essenciais para a sobrevivência da espécie, tendo em vista que elas são frequentemente atacadas por anticorpos de outros seres vivos.

4.3.2. Nucleotídeos

Na estrutura dos ácidos nucleicos, as bases nitrogenadas não aparecem sozinhas. Em vez disso, elas aparecem na forma de **nucleotídeos**.

Os nucleotídeos são formados por três moléculas:

- Uma molécula de açúcar, que é a ribose para o RNA ou desoxirribose para o DNA;



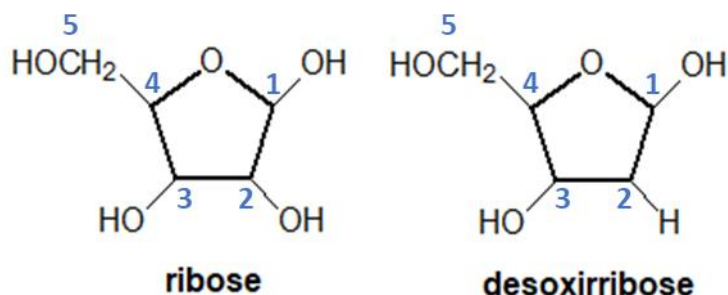


Figura 94: Moléculas de Ribose e Desoxirribose

Observe que a diferença entre a molécula de ribose e a desoxirribose está no carbono 2, que possui uma hidroxila na ribose, mas não na desoxirribose.

- Um grupo fosfato que se une por meio de ligação éster ao açúcar;
- Uma base nitrogenada.

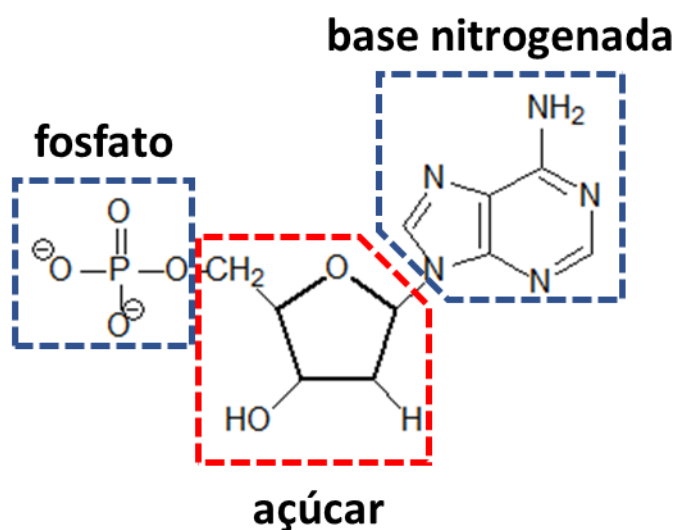


Figura 95: Estrutura Básica de um Nucleotídeo

O nucleotídeo mostrado na Figura 95 é a adenina ligada a desoxirribose – observe que o carbono 2 possui um grupo $-H$, e não $-OH$. Portanto, é um nucleotídeo encontrado no DNA.

Um fato interessante que podemos notar é que os nucleotídeos adenina do DNA e do RNA são diferentes. A explicação para isso é que, no DNA, a base nitrogenada se encontra associada a uma molécula de desoxirribose, enquanto que, no RNA, ela se encontra associada a uma molécula de ribose.

4.3.3. ADP e ATP

O ADP (adenosina difosfato) e o ATP (adenosina trifosfato) são as primeiras moléculas a coletar a energia liberada pelo processo de respiração celular.

O nome **adenosina** é de um **nucleosídeo**, que é formado apenas pela ligação entre a base nitrogenada adenina e o açúcar ribose.

A adenosina difosfato é formada por uma ligação **fosfodiéster** – ou seja, um fosfato forma um éster diretamente com o carbono 5 da ribose. O outro fosfato também se condensa por uma ligação éster com o primeiro fosfato ligado no açúcar.

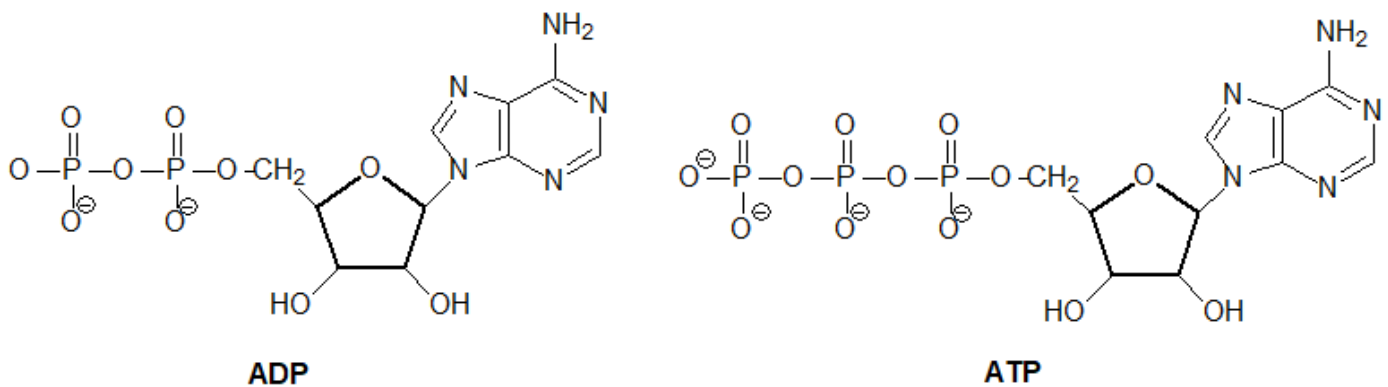
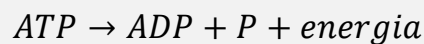


Figura 96 : ADP e ATP

A hidrólise do ATP formando ADP é exotérmica. Portanto, inversamente, a formação de ATP a partir do ADP é endotérmica. Portanto, a energia liberada pela respiração celular é utilizada para a síntese de ATP, por meio da equação, que é escrita geralmente na Biologia de maneira simples como:



Nas atividades gerais do metabolismo, que consomem energia, o ATP é hidrolisado, liberando ADP e energia.



4.3.4. Modelo de Watson-Crick

Um dos avanços mais importantes na Bioquímica foi a descoberta do modelo de Watson-Crick.

Assim como as proteínas, tanto o DNA como o RNA se organizam na forma de hélices. Há, porém, uma importante diferença entre o DNA e o RNA. O DNA forma uma fita dupla, enquanto o RNA forma uma fita simples.

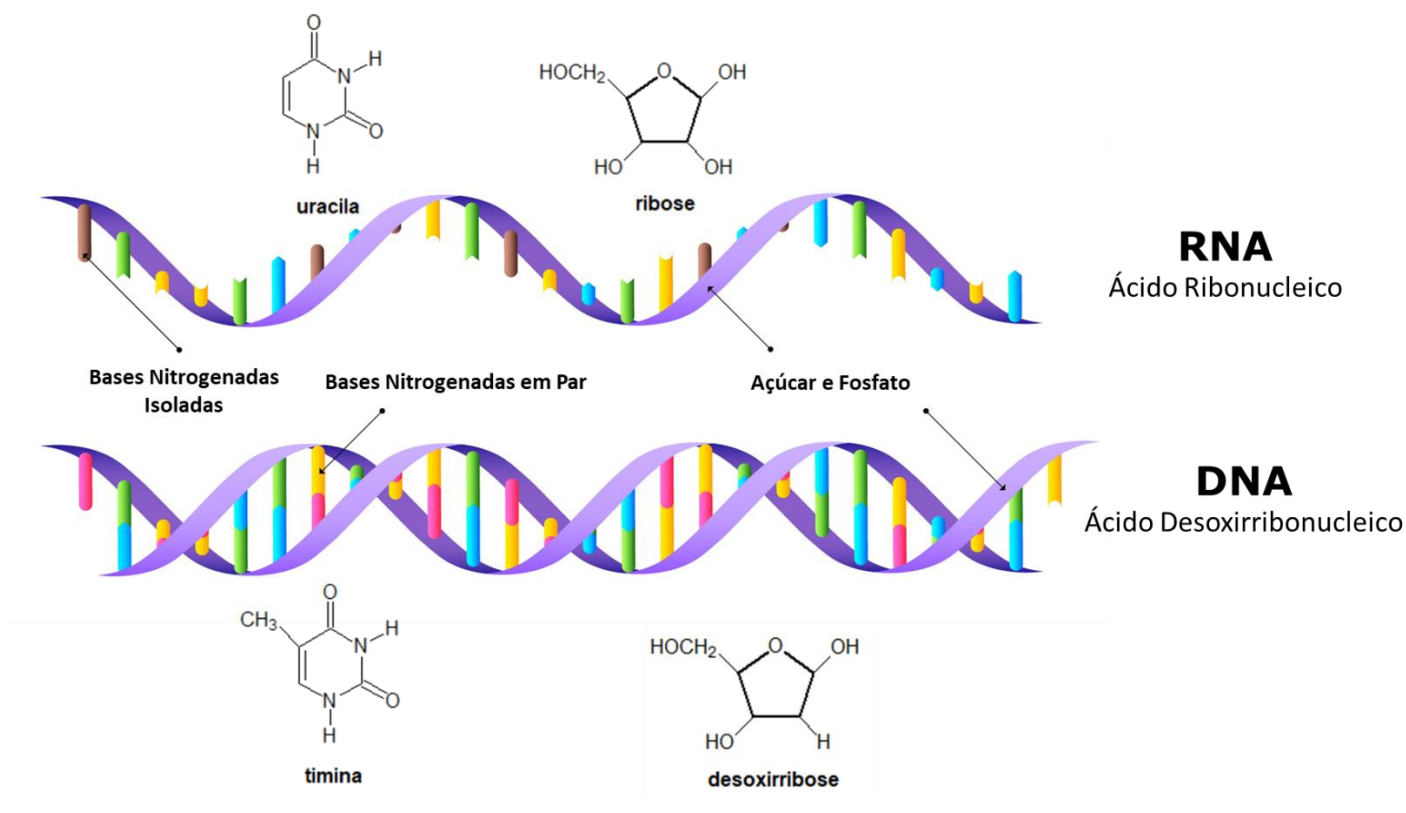


Figura 97: O DNA forma uma fita dupla, enquanto o RNA forma uma fita simples

O DNA está empacotado no núcleo de uma célula humana. No entanto, se fosse possível esticá-lo em linha reta, ele atingiria aproximadamente 2 metros de comprimento.

É importante destacar que **todas as células do corpo humano** apresentam o mesmo DNA. O DNA de uma célula humana, no entanto, pode ser alterado devido ao processo de mutações, que não é o objetivo de estudo desse curso.

As fitas do DNA são antiparalelas, pois crescem em sentidos opostos. Uma das fitas cresce no sentido 5'-3', enquanto que a outra cresce no sentido 3'-5'. Os termos 3' e 5' se referem às posições na molécula de açúcar em que se ligam os nucleotídeos.

Outro ponto interessante de se notar é que elas são **complementares**. Isso significa que uma adenina de uma fita está sempre ligada a uma timina da outra. Analogamente, a citosina de uma fita está sempre ligada a uma guanina da outra.

Tabela 4 : Exemplo de fitas complementares no DNA

Fita 1	A	T	C	C	G	T	C	A	C	T	G	A	G
Fita 2	T	A	G	G	C	A	G	T	G	A	C	T	C

4.3.5. Replicação do DNA

A replicação do DNA é responsável pela transmissão do código genético no processo reprodutivo. Não é preciso conhecer esse processo em grandes detalhes.

A replicação do DNA é **semiconservativa**. Isso significa que as duas fitas do DNA matriz se separam, indo cada uma delas para um DNA filho. Cada um dos DNA filho conserva uma das fitas da matriz.

O processo se inicia numa região conhecida como **Ori-C**. Nessa região, há um maior teor de **adenina e timina**, o que facilita o início da abertura da fita, pois essa interação apresenta apenas duas pontes de hidrogênio. A abertura da fita dupla é feita pela enzima **helicase**.

Vamos passar rapidamente pelas principais etapas da replicação do DNA começando pelo esquema da Figura 98.



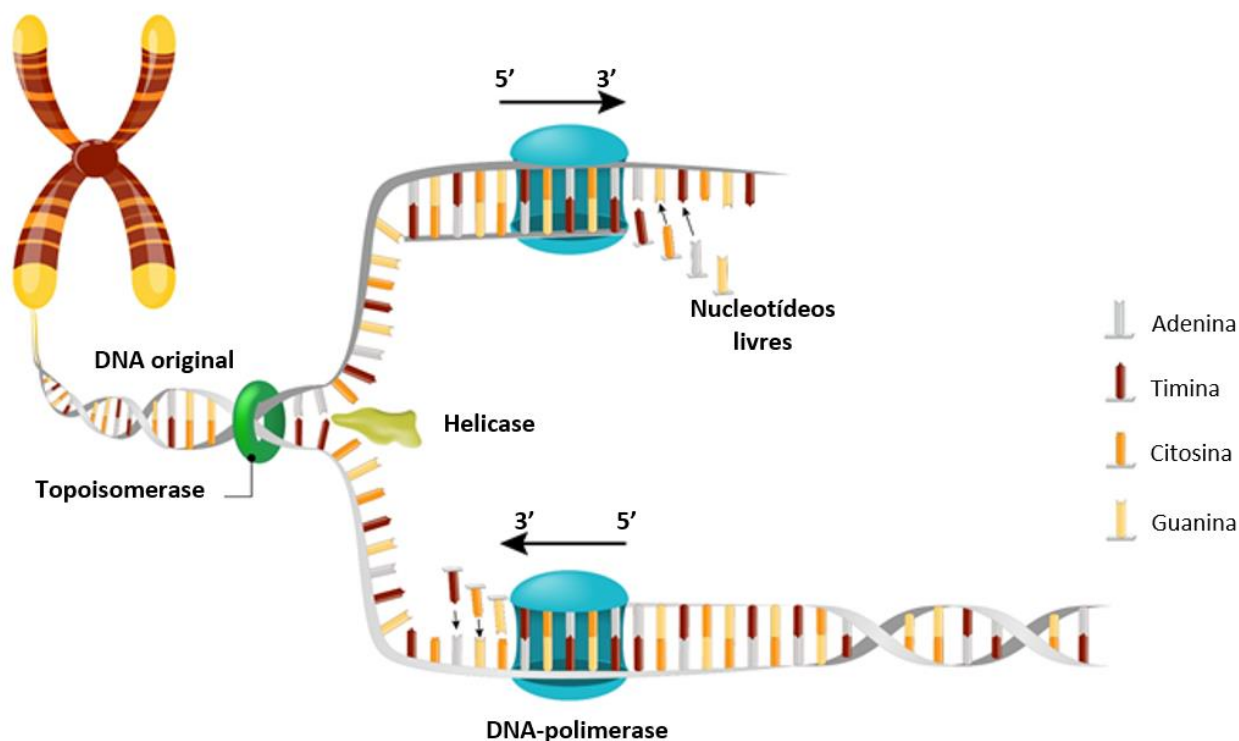


Figura 98: Etapas da Replicação do DNA

- **Desenrolamento da Fita:** a topoisomerase é a enzima responsável por controlar o enrolamento do DNA. Ela é a primeira enzima a atuar na replicação, desenrolando a fita matriz.
- **Abertura da Fita:** é promovida pela enzima helicase, sempre se iniciando no Ori-C. Essa região é rica em adenina e timina, que são mais fáceis de serem rompidas, pois formam apenas duas pontes de hidrogênio;
- **Polimerização:** a DNA polimerase é a enzima responsável por agregar novos nucleotídeos complementares à fita original. Vale ressaltar que a DNA polimerase somente é capaz de agir no sentido 5'-3'.

DNA	A	T	C	C	G	T	C	A	C	T	G	A	G
RNA Primer	U	A	G	G	C	A	G	U	G	A	C	U	C

A topoisomerase também controla o enrolamento do DNA. Caso ele esteja num estado de superenrolamento, a fita estará muito torcida, o que dificultará a ocorrência dos processos vitais.

O processo de replicação do DNA das células humanas é extremamente eficiente, estima-se que ocorre um erro a cada um bilhão de nucleotídeos.

4.3.6. Síntese Protéica

A molécula de DNA contém uma receita para o funcionamento das células humanas, em especial, para a produção de proteínas.

- **Etapa 1: Transcrição do DNA**

Para a síntese de proteínas, o DNA envia uma mensagem aos ribossomos – organelas celulares responsáveis pela síntese de proteínas –, por meio de uma fita de RNA, conhecida como mensageiro.

O RNA mensageiro é complementar ao DNA e forma um molde para a síntese protéica.

DNA	A	T	C	C	G	T	C	A	C	T	G	A	G
RNA -m	U	A	G	G	C	A	G	U	G	A	C	U	C

- **Etapa 2: Transporte dos Aminoácidos**

Para sintetizar uma proteína, são necessários aminoácidos, não é verdade? De nada adianta, enviar uma mensagem sem os aminoácidos necessários para a síntese protéica.

A partir do RNA-m é sintetizada uma molécula de RNA-t (transportador), que é complementar. A função do RNA-t é recolher os aminoácidos que estão dispersos pelo citoplasma e levá-los aos ribossomos.

O RNA-t é também complementar ao RNA-m, sendo parecido com a fita original de DNA.

DNA	A	T	C	C	G	T	C	A	C	T	G	A	G
RNA -m	U	A	G	G	C	A	G	U	G	A	C	U	C
RNA-t	A	U	C	C	G	U	C	A	C	U	G	A	G

- **Etapa 3: Tradução da Mensagem**

Na síntese de proteínas humanas, um códon de RNA-m é composto por uma sequência de três aminoácidos. A cada códon corresponde um aminoácido.



A seguir, eu trouxe uma tabela preparada pela ilustre Professora Carol Negrin, de Biologia do Estratégia Vestibulares. Nessa tabela, a Carol apresenta os aminoácidos correspondentes a cada códon de RNA-m. Não se assuste, pois não é necessário decorar a tabela. Ela serve apenas como ilustração.

Tabela 5 : Tradução do RNA-m

		Segunda base do códon				
		U	C	A	G	
Primeira base do códon	U	UUU Fenilalanina	UCU Serina	UAU Tirosina	UGU Cisteína	U
		UUC Fenilalanina	UCC Serina	UAC Tirosina	UGC Cisteína	C
		UUA Leucina	UCA Serina	UAA stop códon	UGA stop códon	A
		UUG Leucina	UCG Serina	UAG stop códon	UGG Triptofano	G
	C	CUU Leucina	CCU Prolina	CAU Histidina	CGU Arginina	U
		CUC Leucina	CCC Prolina	CAC Histidina	CGC Arginina	C
		CUA Leucina	CCA Prolina	CAA Glutamina	CGA Arginina	A
		CUG Leucina	CCG Prolina	CAG Glutamina	CGG Arginina	G
	A	AUU Isoleucina	ACU Treonina	AAU Asparagina	AGU Serina	U
		AUC Isoleucina	ACC Treonina	AAC Asparagina	AGC Serina	C
		AUA Isoleucina	ACA Treonina	AAA Lisina	AGA Arginina	A
		AUG Metionina	ACG Treonina	AAG Lisina	AGG Arginina	G
	G	GUU Valina	GCU Alanina	GAU Ácido aspártico	GGU Glicina	U
		GUC Valina	GCC Alanina	GAC Ácido aspártico	GGC Glicina	C
		GUA Valina	GCA Alanina	GAA Ácido glutâmico	GGA Glicina	A
		GUG Valina	GCG Alanina	GAG Ácido glutâmico	GGG Glicina	G

Dentre os códons, dois deles se destacam:

- **Início:** sempre se inicia por um códon AUG, que corresponde ao aminoácido Metionina;
- **Final:** são os *stop* códons, também conhecidos como *anticódons*;

Vejamos um exemplo de uma síntese de um pequeno polipeptídeo, formado por apenas quatro aminoácidos – note que o início é sempre marcado por uma metionina.

Tabela 6: Exemplo de Síntese Protéica

DNA	TAC	ATG	CTC	ACC	ATT
RNAm	AUG	UAC	GAG	UGG	UAA
Síntese	Início	TYR	GLU	TRP	Final



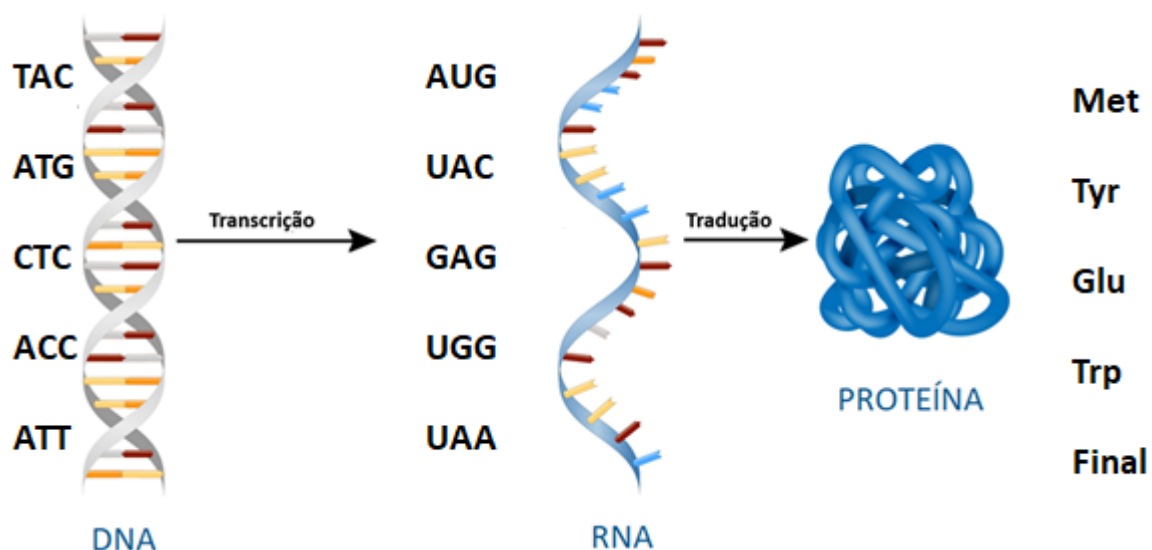


Figura 99: Transcrição e Tradução da Mensagem do DNA na Síntese de Proteínas



22. (ITA – 2018)

Aminoácidos são compostos orgânicos que contêm um grupo amina e um grupo carboxílico. Nos α -aminoácidos, os dois grupos encontram-se nas extremidades da molécula e entre eles há um átomo de carbono, denominado carbono α , que também está ligado a um grupo R, conforme a figura. Considere os seguintes aminoácidos:

- I – Alanina, em que $R = \text{CH}_3$
- II – Asparagina, em que $R = \text{CH}_2\text{CONH}_2$
- III – Fenilalanina, em que $R = \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$
- IV – Glicina, em que $R = \text{H}$
- V – Serina, em que $R = \text{CH}_2\text{OH}$

Assinale a opção que contém o(s) aminoácido(s) que possui(em) grupo(s) R polar(es):

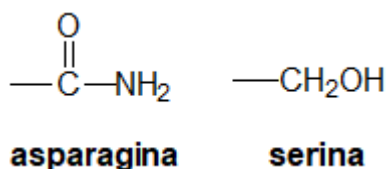
- a) Alanina e fenilalanina.
- b) Asparagina e glicina.
- c) Asparagina e serina.
- d) Fenilalanina.



e) Glicina, fenilalanina e serina.

Comentários

Os grupos apolares são formados exclusivamente por carbono e hidrogênio. Já os grupos polares possuem outros átomos – é o caso da asparagina e da serina.



Gabarito: C

23. (IME – 2019 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta:

- a) A estrutura primária de uma proteína é definida pela ordem em que os aminoácidos adenina, timina, citosina e guanina se ligam entre si.
- b) A estrutura secundária de uma proteína é definida por conformações locais de sua cadeia principal que assumem padrões específicos, tais como hélices α e folhas β .
- c) A estrutura terciária de uma proteína é definida pelo modo conforme duas ou mais cadeias polipeptídicas se agregam entre si.
- d) As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos e que se caracterizam pela sua capacidade de reagir, simultaneamente, com milhares de substratos de grande diversidade estrutural.
- e) A glicose, a ribose e a frutose são enzimas que devem ser obrigatoriamente ingeridas na dieta dos seres humanos, uma vez que nossos organismos não conseguem sintetizá-las.

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

- a) A estrutura primária é realmente definida pela ordem em que os aminoácidos se ligam. Porém, a adenina, timina, citosina e guanina são bases nitrogenadas presentes no DNA. Esse é erro da afirmação.
- b) Exatamente. De fato, os dois principais padrões encontrados nas proteínas são: as hélices α e as folhas β . Afirmação correta.



- c) A estrutura terciária da proteína pode ocorrer dentro de uma mesma cadeia polipeptídica. Basta para isso que dois aminoácidos cisteína dentro da mesma cadeia se liguem por meio de uma ponte dissulfeto. Afirmação errada.
- d) As enzimas são catalisadores reacionais extremamente específicos. Ou seja, cada enzima serve unicamente para uma reação.
- e) A glicose, a ribose e a frutose são monossacarídeos (açúcares), e não enzimas (proteínas). Afirmação errada.

Gabarito: B

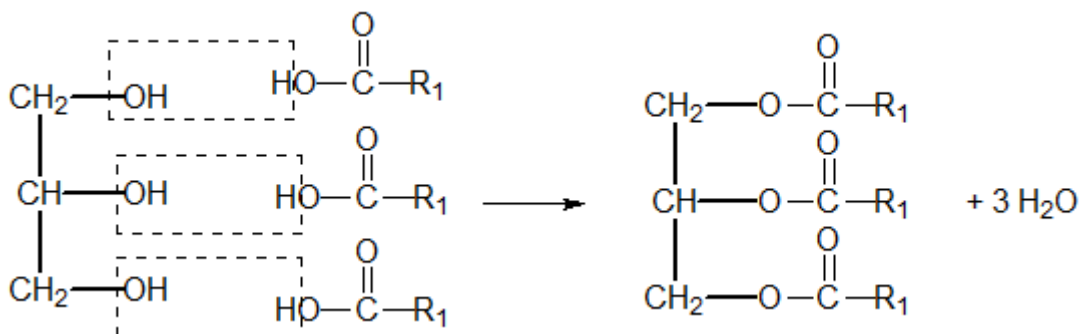
24. (ITA – 2020 – 1ª Fase)

A obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (triacilgliceróis) é uma alternativa para a produção de combustíveis menos poluentes, sendo possível catalisar a reação com um ácido ou com uma base. Escreva a equação química balanceada que representa a reação:

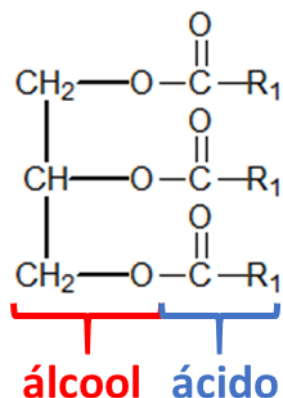
- a) De obtenção de triacilglicerol a partir de glicerol e ácido graxo com cadeia alquílica representa por R_1 .
- b) De obtenção de biodiesel a partir do triacilglicerol obtido em (a) e etanol.
- c) Paralela e indesejada que poderia ocorrer se, na reação descrita em (b), fosse utilizado hidróxido de sódio como catalisador, tendo também a presença de água na reação.

Comentários:

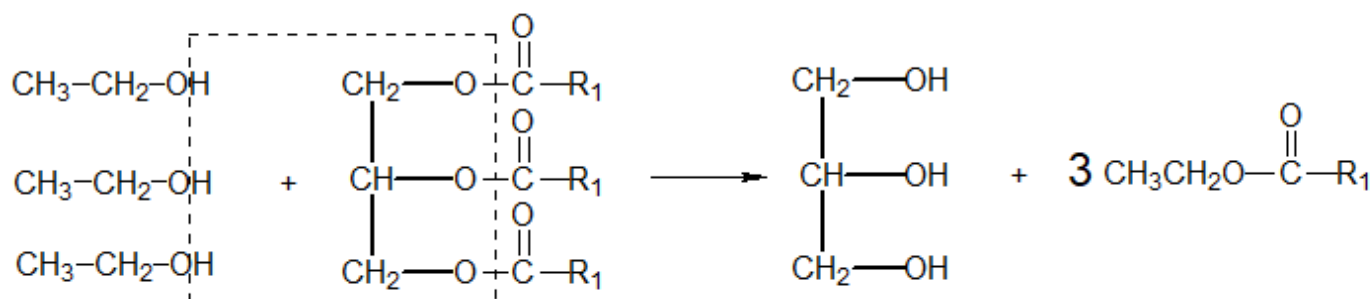
- a) Trata-se de uma esterificação de Fischer.



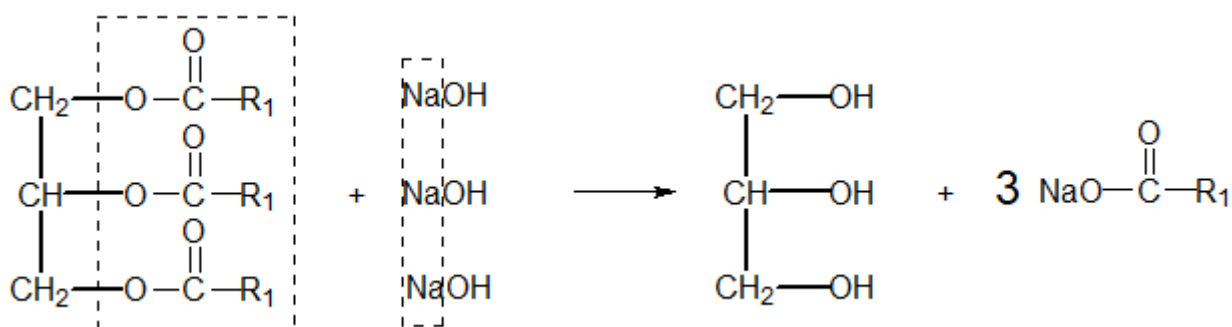
- b) O biodiesel é obtido pela transesterificação de óleos ou gorduras. Para entendê-la, devemos notar que o triacilglicerol é um éster, portanto, tem uma porção remanescente do álcool e uma porção remanescente do ácido.



A reação do triacilglicerol com o etanol é uma transesterificação, em que o etanol toma o lugar do glicerol, produzindo um éster do etanol com o ácido graxo, que é o biodiesel.



c) Na presença de hidróxido de sódio, a porção ácido do éster poderia reagir com o hidróxido de sódio formando um sal. É a conhecida reação de saponificação.



Gabarito: discursiva

25. (IME – 2018 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta.

- Os glicídios são ésteres de ácidos graxos.
- Existem três tipos de DNA: o mensageiro, o ribossômico e o transportador.



- c) Alanina, valina, cisteína, citosina e guanina são exemplos de aminoácidos.
- d) As reações de hidrólise alcalina dos triacilgliceróis são também denominadas reações de saponificação.
- e) As proteínas são sempre encontradas em uma estrutura de dupla hélice, ligadas entre si por intermédio de ligações peptídicas.

Comentários

Vamos analisar as informações.

- a) Os lipídeos (óleos e gorduras) são ésteres de ácidos graxos e glicerol. Os glicídios são os açúcares, que nada tem a ver com os ácidos graxos. Afirmação errada.
- b) Na síntese protéica, o DNA origina três tipos de RNA: o mensageiro, o ribossômico e o transportador. Afirmação errada.
- c) De fato, alanina, valina e cisteína são exemplos de aminoácidos. Porém, citosina e guanina são bases nitrogenadas. Afirmação errada.
- d) Os sabões são sais de sódio de ácidos graxos. Eles são realmente obtidos a partir da hidrólise alcalina de gorduras. Afirmação correta.
- e) As proteínas podem ser encontradas na forma de hélice α simples ou de folhas β . Jamais as proteínas são encontradas na forma de dupla hélice – isso é característica do DNA. Além disso, as formas da estrutura secundária são intermediadas por ligações de hidrogênio. Afirmação errada.

Gabarito: D

26. (ITA – 2020 – 1ª Fase)

Polímeros são moléculas muito grandes constituídas por milhares de átomos. Tais macromoléculas são classificadas em duas categorias: naturais e sintéticas. Os naturais têm como exemplos as proteínas, ácidos nucleicos e borrachas, enquanto os sintéticos são compostos orgânicos tais como a polihexametileno adipamida (Nylon) e o poli(metacrilato de metila). Nesse contexto, considere as seguintes afirmações:

- (1) A glicose é um álcool-aldeído que polimeriza para formar o amido e a celulose.
- (2) A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.
- (3) Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade.
- (4) Os álcoois condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.
- (5) As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.



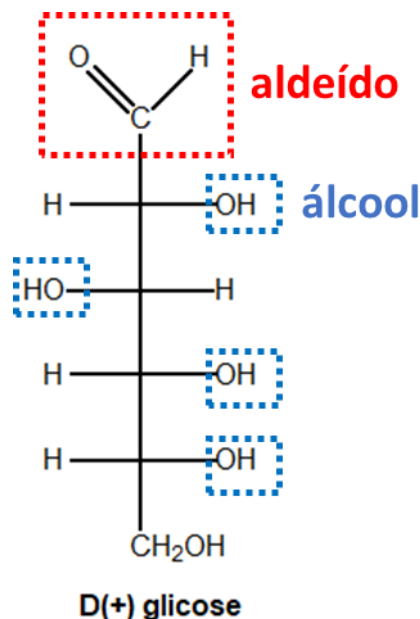
A soma dos números associados às afirmativas CORRETAS é igual a:

- A () 8
- B () 10
- C () 12
- D () 13
- E () 15

Comentários:

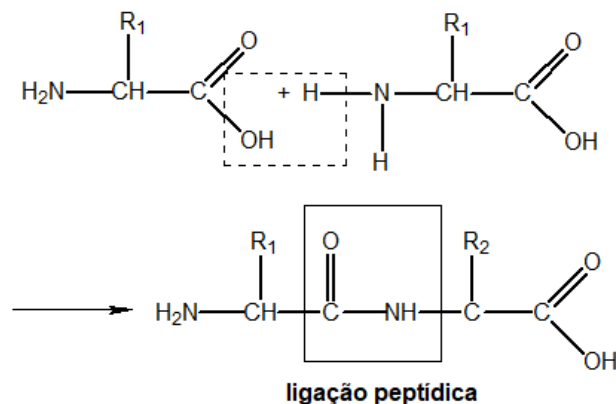
Vamos analisar as afirmações propostas.

- (1) Isso mesmo. A glicose é um aldeído que apresenta vários grupos álcool. De fato, alguns de seus polímeros são o amido e a celulose. Afirmção correta.

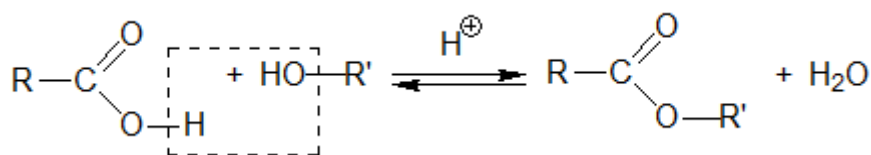


- (2) Em uma cadeia polipeptídica, vários aminoácidos se ligam por uma ligação peptídica. Ocorre a perda de uma molécula de água, portanto, o aminoácido inteiro não permanece na proteína, apenas um resíduo. Exatamente como disse o enunciado. Afirmção correta.





- (3) Quanto mais longa a cadeia do polímero, maiores as forças intermoleculares, portanto, ele tende a ter maior viscosidade. Afirmação correta.
- (4) Os álcoois e os ácidos carboxílicos reagem pela esterificação de Fischer formando ésteres. Afirmação correta.



- (5) De forma semelhante à esterificação de Fischer, as aminas condensam com ácidos carboxílicos formando amidas. Afirmação correta.

Todas as afirmações estão corretas, portanto, a soma é igual a:

$$S = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$$

Gabarito: E

27. (IME – 2016 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta.

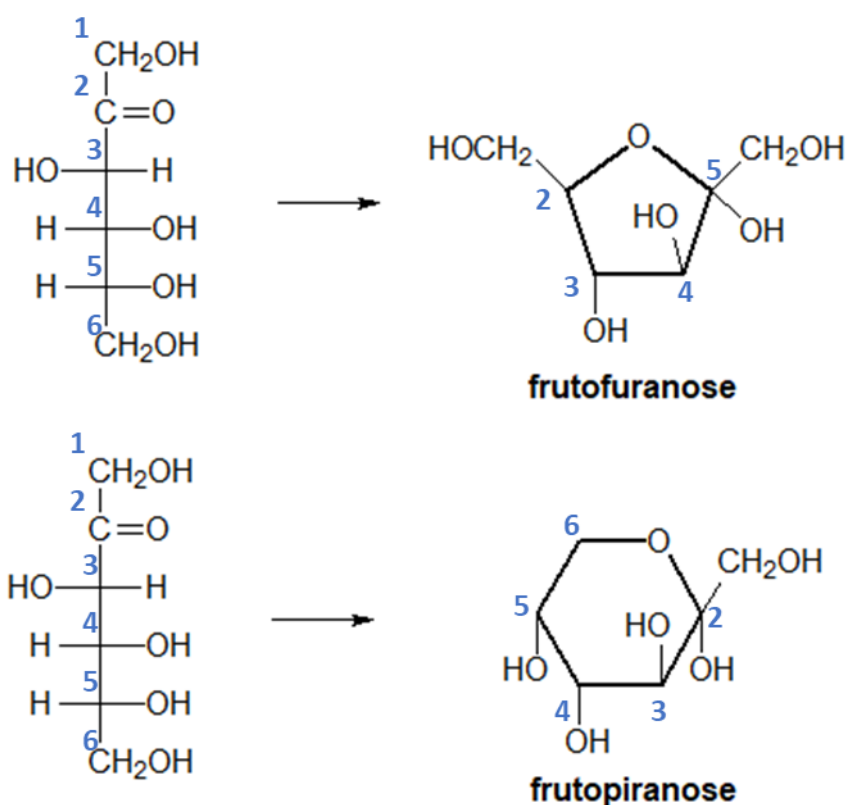
- O DNA é formado pela combinação dos aminoácidos adenina, timina, citosina e guanina.
- Os sabões são obtidos a partir de hidrólises alcalinas de glicídios.
- As proteínas se caracterizam por sua estrutura helicoidal, responsável pela enorme gama de funções bioquímicas desempenhadas por estas macromoléculas.
- O sistema R-S de designações estereoquímicas, largamente empregado na nomenclatura de carboidratos ainda hoje, toma como referência básica a configuração absoluta de um dos isômeros da glicose.
- Os monossacarídeos podem sofrer reações intramoleculares de ciclização, gerando estruturas com anéis de seis membros (piranoses) ou de cinco membros (furanoses).



Comentários

Vamos analisar as informações.

- A adenina, timina, citosina e guanina realmente compõem o DNA, mas são bases nitrogenadas. Afirmação errada.
- Os sabões são obtidos pela hidrólise alcalina de lipídios (óleos ou gorduras), não de glicídios (açúcares). Afirmação errada.
- Nem todas as proteínas se apresentam na estrutura helicoidal. Algumas delas se apresentam na forma de folhas β . Afirmação errada.
- O sistema R/S não tem como base os isômeros da glicose. Afirmação errada.
- De fato, inclusive, as formas cíclicas são as mais comuns. Vejamos os exemplos de ciclização da frutose.



Gabarito: E

28. (IME–2015)

Assinale a alternativa correta.

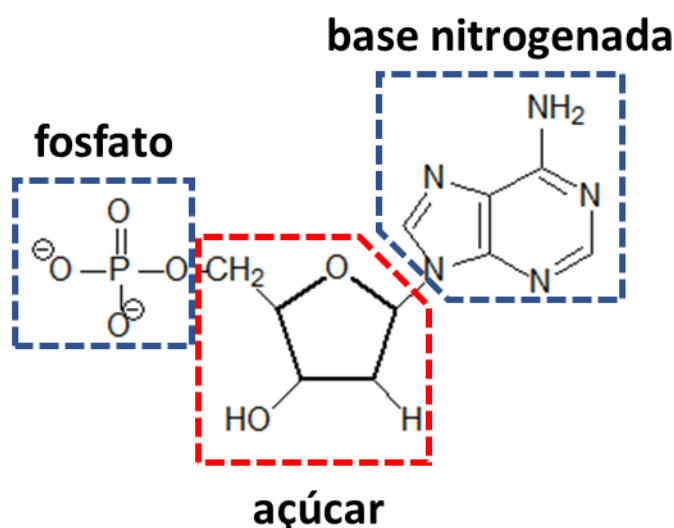
- A hidrólise total de um nucleotídeo resulta em uma base nitrogenada heterocíclica, um monossacarídeo e um íon fosfato.



- b) As bases nitrogenadas encontradas nos nucleotídeos do DNA são: adenina, uracila, citosina e guanina.
- c) Watson e Crick descobriram que o RNA possui uma estrutura de dupla hélice, estando as hélices ligadas entre si por ligações de hidrogênio entre pares de bases nitrogenadas.
- d) O pareamento de bases nitrogenadas em um ácido nucleico é específico: uma adenina se liga somente a outra adenina, uma citosina a outra citosina e assim por diante.
- e) A replicação do RNA é a responsável pela transmissão do código genético.

Comentários

Vejamos um exemplo de nucleotídeo.



De fato, a hidrólise de um nucleotídeo produz uma base nitrogenada heterocíclica (todas elas são), um monossacarídeo (ribose ou desoxirribose) e um íon fosfato. Portanto, a letra A está correta.

O erro da letra B é que a uracila está presente no RNA, não no DNA. O modelo de Watson e Crick estabelece que o DNA possui uma dupla hélice, enquanto que o RNA apresenta uma fita única, portanto a letra C está errada.

O pareamento das bases nitrogenadas segue o esquema Agnaldo Timóteo (AT) e Gal Costa (CG). Por fim, é a replicação do DNA – não do RNA – que é responsável pela transmissão do código genético.

Gabarito: A



29. (ITA – 2018)

São feitas as seguintes proposições a respeito da produção de biocombustíveis:

I – A hidrólise ácida de triacilgliceróis é a etapa final na produção do biodiesel.

II – Etanol é comumente produzido por processo de fermentação, o qual gera CO₂ como subproduto.

III – Na síntese do bioquerosene, podem ser utilizados ácidos graxos com cadeias lineares ou cíclicas, saturadas ou insaturadas.

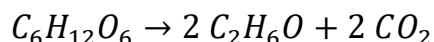
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – O biodiesel é produzido pela reação de transesterificação dos triacilgliceróis.

II – Vamos escrever a reação de fermentação da glicose, que produz o etanol.



De fato, o CO₂ é um subproduto. Afirmação correta.

III – De fato, podem ser utilizados quaisquer tipos de ácidos graxos. Não há restrições.

Na época dessa questão, houve alguma polêmica entre os cursinhos, porque vários consideraram que não existem ácidos graxos cíclicos. A polêmica foi tão grande que até mesmo o próprio ITA se posicionou sobre o assunto.

“Algumas resoluções consideraram a proposição III como errada por assumir a inexistência de ácidos graxos cíclicos. No entanto, a proposição considera que podem ser usados ácidos graxos lineares ou cíclicos, permanecendo então correta a proposição mesmo no caso da inexistência das espécies cíclicas. Além disso, vale salientar que ácidos graxos cíclicos existem e são formados pela ciclização de ácidos graxos lineares em altas temperaturas.”

É impressionante o quanto mudou esse vestibular. Na minha época, nem mesmo o gabarito era fornecido. Hoje em dia, o ITA não só fornece o gabarito, a sua nota como ainda comenta algumas questões mais polêmicas.

Gabarito: E



30. (IME – 2014)

Assinale a alternativa correta

- a) O cis-2-buteno e o trans-2-buteno são enantiômeros.
- b) Existem três isômeros com a denominação 1,2-dimetilciclopentano.
- c) A glicina, a alanina e a valina são os únicos aminoácidos que não apresentam atividade óptica.
- d) Os nucleotídeos que constituem os ácidos nucléicos são diastereoisômeros uns dos outros.
- e) Apenas os aminoácidos essenciais apresentam atividade óptica.

Comentários

O 1,2-dimetilciclo-pentano pode apresentar as formas cis e trans, sendo que a forma cis apresenta um plano de simetria, enquanto que a trans apresenta um par de enantiômeros. Portanto, de fato, são três isômeros com essa denominação.

O cis-2-buteno e o trans-2-buteno são diastereoisômeros, não enantiômeros.

Os itens c) e e) foram altamente específicos. A glicina é o único aminoácido que não apresenta atividade óptica. Todos os demais apresentam. Vale ressaltar que os aminoácidos essenciais são aqueles que não podem ser produzidos pelo corpo humano, portanto, devemos ingeri-los na nossa alimentação.

Por fim, os nucleotídeos que constituem os ácidos nucléicos não são nem mesmo isômeros entre si. As moléculas de adenina, timina, citosina, guanina e uracila são bem diferentes entre si.

Gabarito: D

31. (IME – 2013)

Dentre as opções abaixo, escolha a que corresponde, respectivamente, às classes das moléculas: hemoglobina, amido, DNA, ácido palmítico.

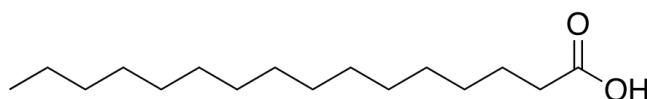
- a) Proteína, glicídio, ácido nucleico, lipídio.
- b) Ácido nucleico, glicídio, lipídio, proteína.
- c) Proteína, proteína, lipídio, ácido nucleico.
- d) Glicídio, proteína, ácido nucleico, lipídio.
- e) Glicídio, lipídio, ácido nucleico, proteína.



Comentários

A hemoglobina é uma proteína, o amido é um glicídio, o DNA é um ácido nucleico e o ácido palmítico é um ácido graxo. No entanto, o IME confundiu o conceito de lipídio com um ácido graxo. Como já vimos no nosso curso, o ácido graxo é apenas um dos constituintes dos lipídios.

Para fins de curiosidade, segue a estrutura molecular do ácido palmítico.



Ácido palmítico

Gabarito: A

32. (IME – 2012)

Dos compostos abaixo, aquele que não forma ligação peptídica é:

- a) timina
- b) glicina
- c) prolina
- d) asparagina
- e) valina

Comentários

Os aminoácidos formam ligações peptídicas para formar proteínas. Observe que as letras B a E apresentam aminoácidos, portanto todos eles formam esse tipo de ligação.

Porém, a timina é uma base nitrogenada, e a ligação peptídica não é uma característica desse tipo de composto.

Gabarito: A

33. (IME – 2010)

Assinale a alternativa correta.



- a) Os polissacarídeos são obtidos a partir da combinação de monossacarídeos por intermédio de ligações peptídicas
- b) Com exceção da glicina, todos os aminoácidos de ocorrência natural constituintes das proteínas são opticamente ativos, sendo que a quase totalidade possui configuração levógira.
- c) As proteínas de ocorrência natural são constituídas por α -aminoácidos, β -aminoácidos e γ -aminoácidos.
- d) A glicose é um lipídio de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$.
- e) DNA e RNA são proteínas responsáveis pela transmissão do código genético.

Comentários

Questão cheia de pegadinhas. Vamos a elas.

- a) As ligações peptídicas são características dos aminoácidos. Os monossacarídeos não possuem nem a função ácido carboxílico nem a função amina. Portanto, não formam ligações peptídicas. Afirmação errada.
- b) Correto, porém altamente específica. O candidato tinha que saber que todos os aminoácidos são levogiros.
- c) As proteínas naturais são formadas apenas por alfa-aminoácidos. Afirmação errada.
- d) A glicose é um monossacarídeo, não um lipídio. Afirmação errada.
- e) O DNA e o RNA não são proteínas, são ácidos nucleicos. Afirmação errada.

Gabarito: B

34. (IME – 2009)

Assinale a alternativa correta.

- a) Os carboidratos, também conhecidos como glicídios, são ésteres de ácidos graxos superiores.
- b) Os carboidratos mais simples são os monossacarídeos que, em virtude de sua simplicidade estrutural, podem ser facilmente hidrolisados.
- c) Os lipídios são macromoléculas altamente complexas, formadas por centenas ou milhares de ácidos graxos que se ligam entre si por intermédio de ligações peptídicas.
- d) As enzimas constituem uma classe especial de glicídios indispensável à vida, pois atuam como catalisadores em diversos processos biológicos.



- e) A sequência de aminoácidos em uma cadeia protéica é denominada estrutura primária da proteína.

Comentários

Vamos a cada item.

- a) Os lipídios são ésteres de ácidos graxos superiores com glicerol. Afirmação errada.
- b) Os monossacarídeos não sofrem hidrólise, justamente por serem moléculas simples. O mesmo se aplica às bases nitrogenadas e aos próprios aminoácidos. Somente sofrem hidrólise os compostos maiores, como os nucleotídeos, e os polímeros. Afirmação errada.
- c) Os lipídios são moléculas pequenas, são ésteres do glicerol. Além disso, a ligação neles não é peptídica, mas sim um ligação éster. Afirmação errada.
- d) As enzimas são proteínas, não glicídios. Afirmação errada.
- e) É exatamente isso. A estrutura primária diz respeito apenas à sequência de aminoácidos na cadeia. Afirmação correta.

Gabarito: E



Lista de Questões Propostas

CONSTANTES

Constante de Avogadro (N_A)	$= 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Faraday (F)	$= 9,65 \times 10^4 \text{ }^\circ\text{C mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A s mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Volume molar de gás ideal	$= 22,4 \text{ L (CNTP)}$
Carga elementar	$= 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante dos gases (R)	$= 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Constante gravitacional (g)	$= 9,81 \text{ m s}^{-2}$
Constante de Planck (h)	$= 6,626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-1}$
Velocidade da luz no vácuo	$= 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Número de Euler (e)	$= 2,72$

DEFINIÇÕES

Pressão: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia: $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0°C e 760 mmHg

Condições ambientes: 25°C e 1 atm

Condições padrão: 1 bar ; concentração das soluções $= 1 \text{ mol L}^{-1}$ (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão

(s) = sólido. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (CM) = circuito metálico. (conc) = concentrado.

(ua) = unidades arbitrárias. [X] = concentração da espécie química em mol L^{-1}

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})
H	1	1,01	Mn	25	54,94



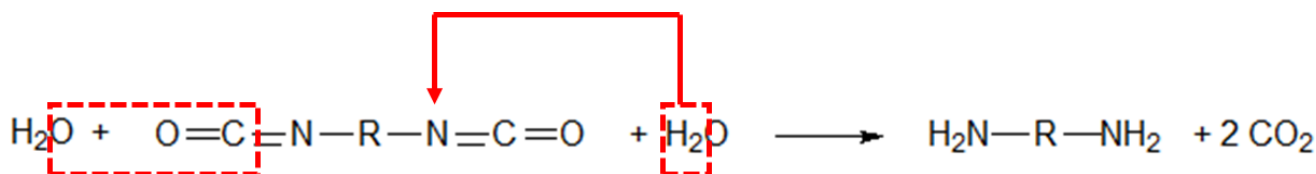
Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
Li	3	6,94	Fe	26	55,85
C	6	12,01	Co	27	58,93
N	7	14,01	Cu	29	63,55
O	8	16,00	Zn	30	65,39
F	9	19,00	As	33	74,92
Ne	10	20,18	Br	35	79,90
Na	11	22,99	Mo	42	95,94
Mg	12	24,30	Sb	51	121,76
Al	13	26,98	I	53	126,90
Si	14	28,08	Ba	56	137,33
S	16	32,07	Pt	78	195,08
Cl	17	35,45	Au	79	196,97
Ca	20	40,08	Hg	80	200,59

1. (ITA – 2020 – 2ª Fase – questão difícil)

A produção de borrachas e espumas é comumente realizada pela síntese de poliuretanos. Para tal produção, a polimerização ocorre a partir de um poliálcool e um isocianato.

a) Apresente a(s) reação(ões) químicas da polimerização e formação de poliuretano a partir de um diol e um diisocianato.

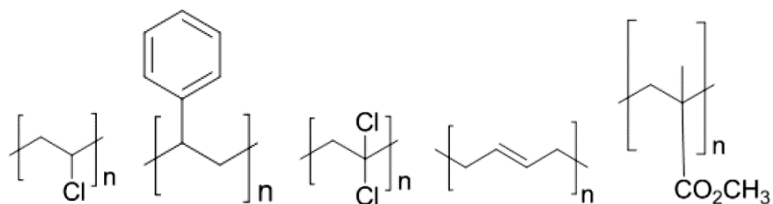
b) A água, quando presente no meio, gera reação(ões) paralela(s) e é determinante na produção de espumas. Apresente essa(s) reação(ões)



2. (IME – 2019 – 1ª Fase)



Considere as representações, não identificadas, dos seguintes polímeros: polibutadieno, poliestireno, poli(cloreto de vinila), poli(metacrilato de metila) e poli(cloreto de vinilideno).



Com base nessas estruturas, avalie as sentenças a seguir:

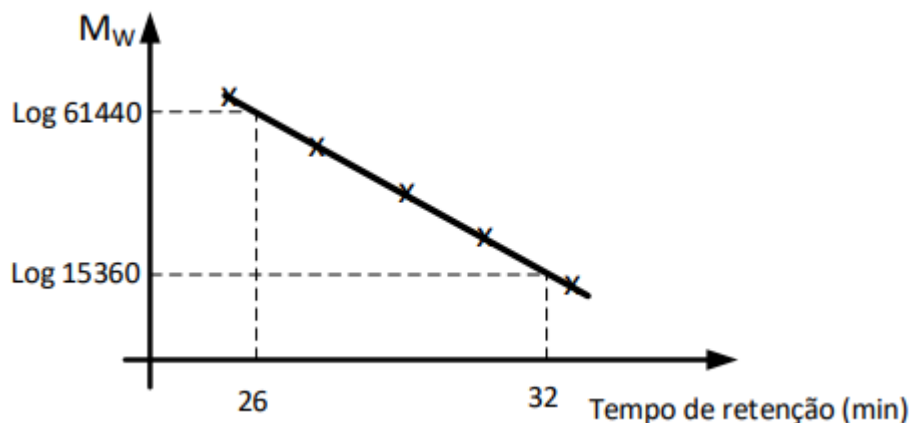
- O poli(cloreto de vinilideno) apresenta isomeria óptica enquanto o poli(cloreto de vinila) não apresenta isomeria óptica.
- O polibutadieno pode apresentar estereoisômeros cis e trans.
- A massa molar do mero do poliestireno é maior do que a do mero do polibutadieno.
- A transesterificação do poli(metacrilato de metila) com etanol produz acetato de metila mais o poli(álcool vinílico).

É correto apenas o que se afirma nas sentenças:

- II e III.
- I e II.
- II e IV.
- I, III e IV.
- I, II e III.

3. (IME – 2019 – 2ª Fase)

A massa molar de um polímero pode ser determinada por meio do tempo de retenção em coluna cromatográfica (cromatografia líquida), tendo por base uma curva de calibração, massa molar versus tempo de retenção, obtida por padrões de massa molar conhecida. Considere a curva de calibração linear obtida com padrões de poli(metacrilato de metila) de massa molar (M_w) variável entre 15360 g/mol e 61440 g/mol, a seguir.



Considere agora um polímero obtido por meio da reação estequiométrica de esterificação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol. Se esse polímero apresenta um tempo de retenção de 28 minutos, determine a massa de água, em quilogramas, que deve ser retirada do meio reacional, de forma que o equilíbrio da reação de esterificação seja deslocado completamente para o lado dos produtos.

4. (ITA – 2018)

Escreva as equações químicas que representam as reações de polimerização ou copolimerização dos monômeros abaixo, apresentando as fórmulas estruturais de reagentes e produtos.

a) Eteno

b) 2-propeno-nitrila

c) 2-metil-propenoato de metila

d) Etenil-benzeno (vinil-benzeno)

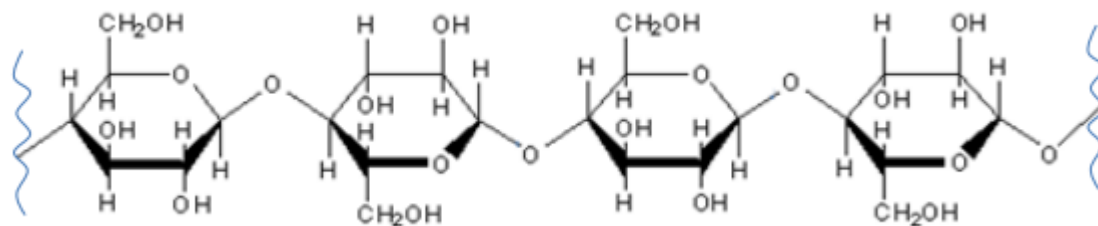
e) 1,3-butadieno com etinil-benzeno

5. (IME – 2018 – 2ª Fase)

Um composto orgânico de fórmula $C_xH_yO_z$, quando desidratado, gera um hidrocarboneto que, quando submetido a um processo de polimerização por adição, resulta em macromoléculas lineares de peso molecular médio 714 g/mol, contendo 17 meros por macromolécula. Determine, com base nessas informações, os valores dos índices x , y e z do composto inicial e apresente o(s) nome (s) IUPAC da(s) molécula(s) que pode(m) ser o composto inicial.

6. (IME – 2017 – 2ª Fase)

A celulose é um polímero natural constituído por milhares de meros originados da glicose ligados entre si. Um segmento desse polímero é representado por:



Produz-se o trinitrato de celulose fazendo-se reagir celulose com ácido nítrico, na presença de ácido sulfúrico. Assim sendo, calcule o número de unidades monoméricas necessárias para gerar a cadeia polimérica de uma amostra padrão de trinitrato de celulose, cuja massa molar é $3,861 \times 10^5$ g/mol.

7. (ITA – 2015)

Considere as seguintes comparações entre as respectivas temperaturas de fusão dos polímeros representados pelas suas unidades repetitivas:



I. A do $H-[OCH_2CH_2OOC(CH_2)_4CO]-OCH_2CH_2OH$ é maior que a do $H-[OOC-C_6H_4-COOCH_2CH_2]-OH$.

II. A do $[-CH_2CH_2-]_n$ é maior que a do $[-CH_2CH_2O-]_n$.

III – A do $[-CH_2-C_6H_4-CH_2-]_n$ é maior que a do $[-CH_2CH_2-]_n$.

IV – A do $[-NH(CH_2)_7CO-]_n$ é maior que a do $[-NH(CH_2)_2CO-]_n$

Assinale a opção que apresenta a(s) comparação(ões) ERRADA(S).

- a) Apenas I
- b) Apenas I e IV
- c) Apenas II e III
- d) Apenas III e IV
- e) Apenas IV

8. (ITA – 2012)

Assinale a opção que indica o polímero da borracha natural.

- a) Poliestireno
- b) Poliisopreno
- c) Poli (metacrilato de metila)
- d) Polipropileno
- e) Poliuretano

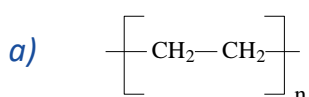
9. (ITA – 2012)

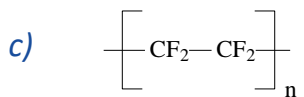
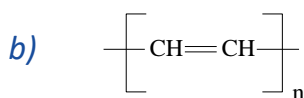
Assinale a opção com a resina polimérica que mais reduz o coeficiente de atrito entre duas superfícies sólidas.

- a) Acrílica
- b) Epoxídica
- c) Estirênica
- d) Poliuretânica
- e) Poli (dimetil siloxano)

10. (ITA – 2011)

Assinale a opção que apresenta a fórmula molecular do polímero que pode conduzir corrente elétrica.





11. (ITA – 2006)

São realizadas reações químicas do acetileno com ácido clorídrico, ácido cianídrico, ácido acético e cloro, nas proporções estequiométricas de 1 : 1.

- Mostre as equações químicas que representam cada uma das reações químicas especificadas.
- Indique quais dos produtos formados podem ser utilizados como monômeros na síntese de polímeros.
- Dê os nomes dos polímeros que podem ser formados a partir dos monômeros indicados no item b).

12. (ITA – 2005)

Assinale a opção que contém o polímero que melhor conduz corrente elétrica, quando dopado.

- Polietileno
- Polipropileno
- Poliestireno
- Poliacetileno
- Poli (tetrafluor-etileno)

13. (ITA – 2005)

Considere que dois materiais poliméricos A e B são suportados em substratos iguais e flexíveis. Em condições ambientes, pode-se observar que o material polimérico A é rígido, enquanto o material B é bastante flexível. A seguir, ambos os materiais são aquecidos à temperatura (T), menor do que as respectivas temperaturas de decomposição. Observou-se que o material A apresentou-se flexível e o material B tornou-se rígido, na temperatura (T). A seguir, os dois materiais poliméricos foram resfriados à temperatura ambiente.

- Preveja o que será observado caso o mesmo tratamento térmico for novamente realizado nos materiais poliméricos A e B. Justifique sua resposta.



b) Baseando-se na resposta ao item **a)**, preveja a solubilidade dos materiais em solventes orgânicos.

14. (ITA – 2001)

Considere as seguintes afirmações a respeito da aplicação do fenol:

Fenol é utilizado:

- I. na síntese da baquelite
- II. na produção de tintas
- III. como agente bactericida
- IV. na obtenção de explosivos
- V. na síntese de ácido acetilsalicílico

Das afirmações feitas, estão **CORRETAS**

- a) apenas I e II
- b) apenas I, II, III e V
- c) apenas II e III
- d) apenas III e IV
- e) todas

15. (ITA – 2000)

Considere as seguintes afirmações:

- I. A reação da borracha natural com enxofre é denominada de vulcanização.
- II. Polímeros termoplásticos amolecem quando são aquecidos.
- III. Polímeros termofixos apresentam alto ponto de fusão.
- IV. Os homopolímeros polipropileno e politetrafluoretileno são sintetizados por meio de reações de adição.
- V. Mesas de madeira, camisetas de algodão e folhas de papel contêm materiais poliméricos.

Das afirmações feitas estão **CORRETAS**:

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

16. (ITA – 1997)



Considere as afirmações:

- I. Proteínas são polímeros constituídos por aminoácidos unidos entre si através de pontes de hidrogênio.
- II. Celuloses são polímeros formados a partir da unidades de glicose.
- III. Borrachas vulcanizadas contêm enxofre na forma de ligações cruzadas entre cadeias poliméricas vizinhas.
- IV. Polietileno é um polímero termofixo.
- V. Baquelite é um polímero muito utilizado na confecção de cabos de painéis.

Estão **CORRETAS** apenas as afirmações:

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

17. (ITA – 1995)

Assinale a afirmação **FALSA** dentre as abaixo:

- a) Ésteres de ácidos carboxílicos são os componentes principais do óleo de soja, manteiga e banha suína.
- b) Polímeros de aminoácidos são encontrados na gelatina, clara de ovo e queijos.
- c) Amianto, mica e vidro de garrafa são silicatos.
- d) Algodão natural, lã de ovelha, amianto e mica têm estruturas poliméricas.
- e) Hidrocarbonetos poliméricos são componentes principais na madeira, no algodão natural e no papel.

18. (ITA – 1988)

Nas afirmações abaixo, macromoléculas são relacionadas com o processo conhecido como vulcanização. Assinale a opção que contém a afirmação **CORRETA**.

- a) O elastômero obtido a partir de butadieno-1,3 e estireno (vinil-benzeno) não se presta à vulcanização.
- b) A desvulcanização, ou reciclagem de pneus, se baseia na ação do ácido sulfúrico concentrado, em presença de oxigênio e em temperatura elevada, sobre a borracha vulcanizada.
- c) Na vulcanização, os polímeros recebem uma carga de calcário e piche, que os torna resistentes ao calor sem perda da elasticidade.



- d) Os polímeros vulcanizados só serão elásticos se a concentração de agente vulcanizante não for excessiva.
- e) Do butadieno-1,3 obtém-se um polímero que, enquanto não for vulcanizado, será termofixo.

19. (IME – 2008)

Observe as alternativas abaixo e assinale a correta.

- a) O petróleo é um líquido escuro, oleoso, formado pela mistura de milhares de compostos orgânicos com grande predominância de hidrocarbonetos. Nas refinarias, o petróleo bruto é aquecido e, em seguida, passa por torres de destilação. Nessas torres são separadas, em ordem crescente de peso molecular médio, as seguintes frações: gás liquefeito, gasolina, querosene, óleo diesel, óleos lubrificantes, óleos combustíveis, hulha e asfalto.
- b) Dois importantes processos realizados nas refinarias de petróleo são o craqueamento catalítico e a reforma catalítica. O craqueamento catalítico tem por objetivo transformar frações pesadas de petróleo em frações mais leves, como a gasolina, por exemplo. Já a reforma catalítica tem por objetivo a diminuição da octanagem da gasolina, através da transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia ramificada, cíclicos e aromáticos.
- c) Poliamidas são polímeros de cadeia heterogênea que podem ser formados a partir da reação de adição entre moléculas de diaminas e moléculas de diácidos. Dentre as propriedades marcantes das poliamidas, destaca-se a elevada resistência mecânica, fato que se deve às interações intermoleculares por ligação de hidrogênio.
- d) Copolímeros são polímeros obtidos a partir de dois ou mais monômeros diferentes. Um importante exemplo de copolímero é o copolímero poli(metacrilato de metila), conhecido como Buna-S, utilizado na fabricação de pneus.
- e) Polímeros diênicos são aqueles formados a partir de monômeros contendo em sua estrutura dienos conjugados. Esses polímeros são constituídos de cadeias poliméricas flexíveis, com uma dupla ligação residual passível de reação posterior. Um exemplo de polímero diênico é o polibutadieno. Na reação de síntese do polibutadieno, pode-se ter a adição do tipo 1,4 ou a adição do tipo 1,2.

20. (IME – 2006)

Os náilons são polímeros usualmente empregados na forma de fios, úteis na fabricação de cordas, tecidos, linhas de pesca etc. Um dos mais comuns é o náilon-66, resultante da reação de polimerização entre a hexametilenodiamina (1,6-diamino-hexano) e o ácido adípico (ácido hexanodióico).

Com base nesta informação, determine a fórmula mínima do náilon-66.

21. (ITA – 2008)

Assinale a opção que contém o polímero que, por ser termoplástico e transparente, pode ser empregado na fabricação de para-brisa de aeronaves.

- a) Polietileno



- b) Polipropileno
- c) Poli (tetrafluoreoetileno)
- d) Policarbonato
- e) Poli(álcool vinílico)

22. (ITA – 2018)

Aminoácidos são compostos orgânicos que contêm um grupo amina e um grupo carboxílico. Nos α -aminoácidos, os dois grupos encontram-se nas extremidades da molécula e entre eles há um átomo de carbono, denominado carbono α , que também está ligado a um grupo R, conforme a figura. Considere os seguintes aminoácidos:

I – Alanina, em que $R = CH_3$

II – Asparagina, em que $R = CH_2CONH_2$

III – Fenilalanina, em que $R = CH_2C_6H_5$

IV – Glicina, em que $R = H$

V – Serina, em que $R = CH_2OH$

Assinale a opção que contém o(s) aminoácido(s) que possui(em) grupo(s) R polar(es):

- a) Alanina e fenilalanina.
- b) Asparagina e glicina.
- c) Asparagina e serina.
- d) Fenilalanina.
- e) Glicina, fenilalanina e serina.

23. (IME – 2019 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta:

- a) *A estrutura primária de uma proteína é definida pela ordem em que os aminoácidos adenina, timina, citosina e guanina se ligam entre si.*
- b) *A estrutura secundária de uma proteína é definida por conformações locais de sua cadeia principal que assumem padrões específicos, tais como hélices α e folhas β .*
- c) *A estrutura terciária de uma proteína é definida pelo modo conforme duas ou mais cadeias polipeptídicas se agregam entre si.*
- d) *As enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos e que se caracterizam pela sua capacidade de reagir, simultaneamente, com milhares de substratos de grande diversidade estrutural.*
- e) *A glicose, a ribose e a frutose são enzimas que devem ser obrigatoriamente ingeridas na dieta dos seres humanos, uma vez que nossos organismos não conseguem sintetizá-las.*



24. (ITA – 2020 – 1ª Fase)

A obtenção de biodiesel a partir de óleos vegetais (triacilgliceróis) é uma alternativa para a produção de combustíveis menos poluentes, sendo possível catalisar a reação com um ácido ou com uma base. Escreva a equação química balanceada que representa a reação:

- De obtenção de triacilglicerol a partir de glicerol e ácido graxo com cadeia alquílica representa por R_1 .
- De obtenção de biodiesel a partir do triacilglicerol obtido em (a) e etanol.
- Paralela e indesejada que poderia ocorrer se, na reação descrita em (b), fosse utilizado hidróxido de sódio como catalisador, tendo também a presença de água na reação.

25. (IME – 2018 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta.

- Os glicídios são ésteres de ácidos graxos.
- Existem três tipos de DNA: o mensageiro, o ribossômico e o transportador.
- Alanina, valina, cisteína, citosina e guanina são exemplos de aminoácidos.
- As reações de hidrólise alcalina dos triacilgliceróis são também denominadas reações de saponificação.
- As proteínas são sempre encontradas em uma estrutura de dupla hélice, ligadas entre si por intermédio de ligações peptídicas.

26. (ITA – 2020 – 1ª Fase)

Polímeros são moléculas muito grandes constituídas por milhares de átomos. Tais macromoléculas são classificadas em duas categorias: naturais e sintéticas. Os naturais têm como exemplos as proteínas, ácidos nucleicos e borrachas, enquanto os sintéticos são compostos orgânicos tais como a polihexametileno adipamida (Nylon) e o poli(metacrilato de metila). Nesse contexto, considere as seguintes afirmações:

- A glicose é um álcool-aldeído que polimeriza para formar o amido e a celulose.
- A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.
- Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade.
- Os álcoois condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.
- As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.

A soma dos números associados às afirmativas CORRETAS é igual a:

- A () 8
B () 10
C () 12



D () 13

E () 15

27. (IME – 2016 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta.

- a) O DNA é formado pela combinação dos aminoácidos adenina, timina, citosina e guanina.
- b) Os sabões são obtidos a partir de hidrólises alcalinas de glicídios.
- c) As proteínas se caracterizam por sua estrutura helicoidal, responsável pela enorme gama de funções bioquímicas desempenhadas por estas macromoléculas.
- d) O sistema R-S de designações estereoquímicas, largamente empregado na nomenclatura de carboidratos ainda hoje, toma como referência básica a configuração absoluta de um dos isômeros da glicose.
- e) Os monossacarídeos podem sofrer reações intramoleculares de ciclização, gerando estruturas com anéis de seis membros (piranoses) ou de cinco membros (furanoses).

28. (IME-2015)

Assinale a alternativa correta.

- a) A hidrólise total de um nucleotídeo resulta em uma base nitrogenada heterocíclica, um monossacarídeo e um íon fosfato.
- b) As bases nitrogenadas encontradas nos nucleotídeos do DNA são: adenina, uracila, citosina e guanina.
- c) Watson e Crick descobriram que o RNA possui uma estrutura de dupla hélice, estando as hélices ligadas entre si por ligações de hidrogênio entre pares de bases nitrogenadas.
- d) O pareamento de bases nitrogenadas em um ácido nucleico é específico: uma adenina se liga somente a outra adenina, uma citosina a outra citosina e assim por diante.
- e) A replicação do RNA é a responsável pela transmissão do código genético.

29. (ITA – 2018)

São feitas as seguintes proposições a respeito da produção de biocombustíveis:

I – A hidrólise ácida de triacilgliceróis é a etapa final na produção do biodiesel.

II – Etanol é comumente produzido por processo de fermentação, o qual gera CO₂ como subproduto.

III – Na síntese do bioquerosene, podem ser utilizados ácidos graxos com cadeias lineares ou cíclicas, saturadas ou insaturadas.

- a) apenas I.
- b) apenas II.



- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

30. (IME – 2014)

Assinale a alternativa correta

- a) O cis-2-buteno e o trans-2-buteno são enantiômeros.
- b) Existem três isômeros com a denominação 1,2-dimetilciclopentano.
- c) A glicina, a alanina e a valina são os únicos aminoácidos que não apresentam atividade óptica.
- d) Os nucleotídeos que constituem os ácidos nucléicos são diastereoisômeros uns dos outros.
- e) Apenas os aminoácidos essenciais apresentam atividade óptica.

31. (IME – 2013)

Dentre as opções abaixo, escolha a que corresponde, respectivamente, às classes das moléculas: hemoglobina, amido, DNA, ácido palmítico.

- a) Proteína, glicídio, ácido nucleico, lipídio.
- b) Ácido nucleico, glicídio, lipídio, proteína.
- c) Proteína, proteína, lipídio, ácido nucleico.
- d) Glicídio, proteína, ácido nucleico, lipídio.
- e) Glicídio, lipídio, ácido nucleico, proteína.

32. (IME – 2012)

Dos compostos abaixo, aquele que não forma ligação peptídica é:

- a) timina
- b) glicina
- c) prolina
- d) asparagina
- e) valina

33. (IME – 2010)

Assinale a alternativa correta.

- a) Os polissacarídeos são obtidos a partir da combinação de monossacarídeos por intermédio de ligações peptídicas
- b) Com exceção da glicina, todos os aminoácidos de ocorrência natural constituintes das proteínas são opticamente ativos, sendo que a quase totalidade possui configuração levógira.



- c) *As proteínas de ocorrência natural são constituídas por α -aminoácidos, β -aminoácidos e γ -aminoácidos.*
- d) *A glicose é um lipídio de fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$.*
- e) *DNA e RNA são proteínas responsáveis pela transmissão do código genético.*

34. (IME – 2009)

Assinale a alternativa correta.

- a) *Os carboidratos, também conhecidos como glicídios, são ésteres de ácidos graxos superiores.*
- b) *Os carboidratos mais simples são os monossacarídeos que, em virtude de sua simplicidade estrutural, podem ser facilmente hidrolisados.*
- c) *Os lipídios são macromoléculas altamente complexas, formadas por centenas ou milhares de ácidos graxos que se ligam entre si por intermédio de ligações peptídicas.*
- d) *As enzimas constituem uma classe especial de glicídios indispensável à vida, pois atuam como catalisadores em diversos processos biológicos.*
- e) *A sequência de aminoácidos em uma cadeia protéica é denominada estrutura primária da proteína.*



Gabarito

- | | | | |
|-----|---------------------------|-----|---------------|
| 1. | discursiva | 18. | D |
| 2. | A | 19. | E |
| 3. | 2,3 kg | 20. | $C_6H_{11}NO$ |
| 4. | discursiva | 21. | D |
| 5. | propan-1-ol e propan-2-ol | 22. | C |
| 6. | 1300 | 23. | B |
| 7. | B | 24. | discursiva |
| 8. | B | 25. | D |
| 9. | E | 26. | E |
| 10. | B | 27. | E |
| 11. | discursiva | 28. | A |
| 12. | D | 29. | E |
| 13. | discursiva | 30. | D |
| 14. | E | 31. | A |
| 15. | A | 32. | A |
| 16. | D | 33. | B |
| 17. | E | 34. | E |



Considerações Finais



Chegamos ao final de mais uma aula.

Terminamos o estudo da Química Orgânica. Foi um estudo bastante intenso. A parte de Polímeros é algo que os alunos não costumam gostar, porém, é necessário saber, tendo em vista que são cobrados com muita frequência.

Não hesite em entrar em contato pelo Fórum de Dúvidas. Suas dúvidas são muito importantes não só para você, mas também para mim, pois elas me ajudam a melhorar esse material.

Também se sinta livre para falar sobre o que você gostou desse curso e o que você não gostou, pois nós buscaremos melhorar.

Bons estudos para você e até a nossa próxima aula.

Continue devorando esse material. Seu esforço valerá a pena.

