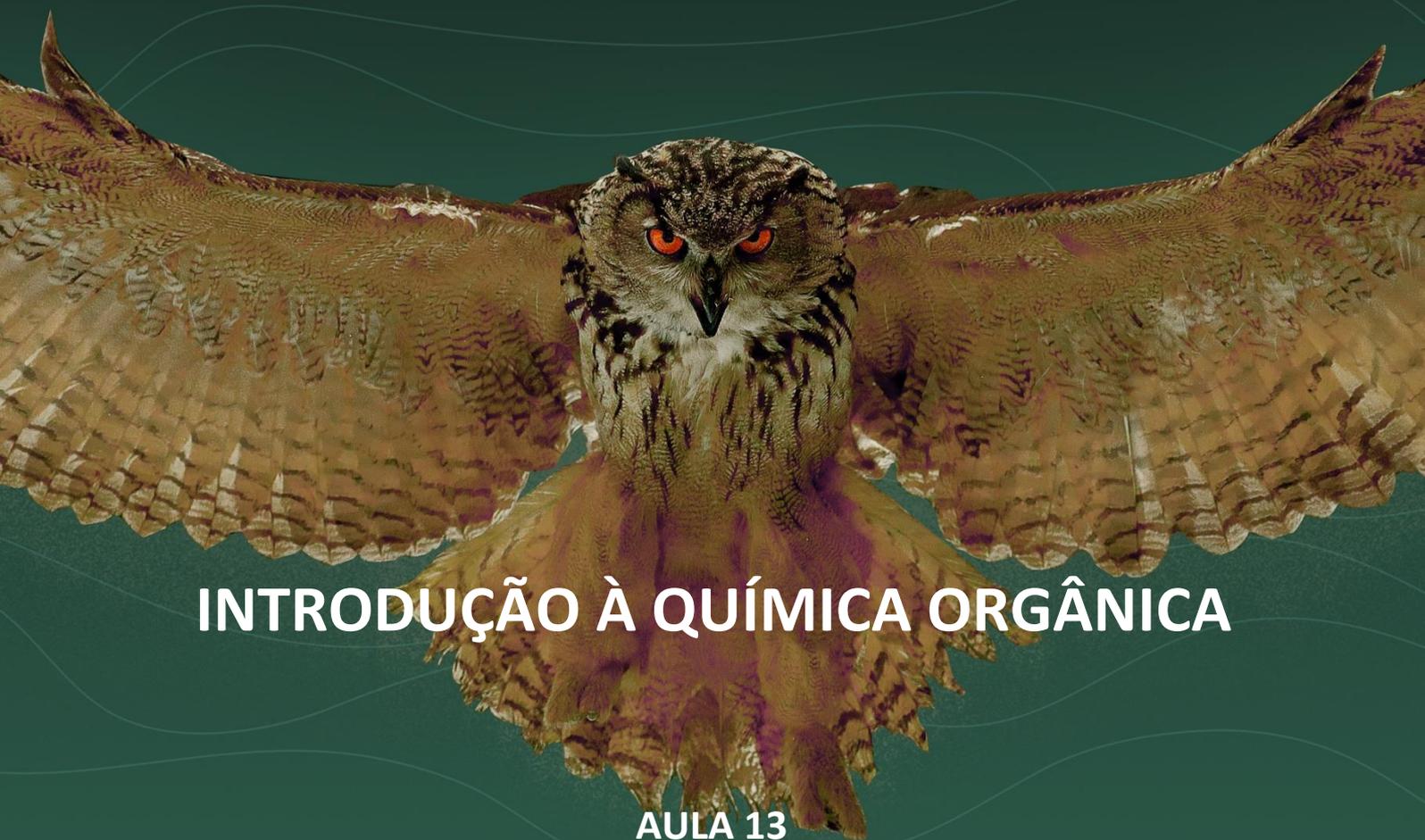




**ITA 2023**



# **INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA**

**AULA 13**

**Introdução à Química Orgânica**

**Prof. Thiago Cardoso**





# Sumário

<b>Apresentação da Aula</b>	<b>5</b>
<b>Introdução à Química Orgânica nas Provas do ITA</b>	<b>5</b>
<b>1. O Átomo de Carbono</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Teoria da Força Vital</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Hibridização</b>	<b>7</b>
<b>1.3. Representação das Cadeias Carbônicas</b>	<b>10</b>
<b>1.4. Classificação das Cadeias Carbônicas</b>	<b>11</b>
1.4.1. Quanto à Presença de Ciclos	11
1.4.2. Quanto à Presença de Ramificações	12
1.4.3. Quanto à Presença de Insaturações	13
<b>1.5. Séries Orgânicas</b>	<b>14</b>
<b>2. Nomenclatura de Compostos Orgânicos</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Cadeia Principal</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Radicais</b>	<b>19</b>
2.2.1. Radicais Alquila Monovalentes	19
2.2.2. Radicais Insaturados Monovalentes	22
2.2.3. Radicais Aromáticos Monovalentes	22
2.2.4. Radicais Bivalentes	23
2.2.5. Radicais Oxigenados	24
<b>2.3. Funções Orgânicas</b>	<b>29</b>
2.3.1. Hidrocarbonetos	29
2.3.2. Funções Oxigenadas	32
2.3.3. Funções Nitrogenadas	34
<b>3. Isomeria Constitucional</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Isomeria de Função</b>	<b>37</b>
3.1.1. Deficiências de Hidrogênio	38
<b>3.2. Isomeria de Cadeia</b>	<b>39</b>
<b>3.3. Isomeria de Posição</b>	<b>40</b>
<b>3.4. Isomeria de Compensação (Metameria)</b>	<b>40</b>
<b>3.5. Tautomeria</b>	<b>40</b>
<b>4. Isomeria Espacial</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Confômeros</b>	<b>43</b>
<b>5.2. Isomeria Geométrica</b>	<b>44</b>
4.2.1. Nomenclatura de Isômeros Geométricos	48
4.2.2. Isomeria Geométrica em Ciclos	49



<b>5. Isomeria Óptica</b>	<b>49</b>
<b>5.1. Conceitos sobre a Direção de Propagação da Luz</b>	<b>50</b>
<b>5.2. História da Isomeria Óptica</b>	<b>53</b>
<b>5.3. Condições para a Atividade Óptica</b>	<b>54</b>
<b>5.4. Carbonos Quirais</b>	<b>57</b>
5.4.1. Propriedades Físicas dos Enantiômeros	58
5.4.2. Nomenclatura de Isômeros Ópticos	60
5.4.3. Efeito das Trocas de Posição entre Grupos Ligantes	61
5.4.4. Moléculas com Carbonos Quirais Diferentes	62
5.4.5. Moléculas com Carbonos Quirais Iguais	65
5.4.6. Projeção de Fischer	66
5.4.7. Isomeria Óptica em Ciclos	67
<b>5.5. Racemização</b>	<b>69</b>
<b>5.6. Métodos de Separação de Misturas Racêmicas</b>	<b>70</b>
5.6.1. Método Mecânico	70
5.6.2. Método Biológico	71
5.6.3. Método Químico	71
<b>6. Lista de Questões Propostas</b>	<b>73</b>
<b>7. Gabarito</b>	<b>113</b>
<b>8. Lista de Questões Comentadas</b>	<b>115</b>
<b>8.1. Lista de Questões Nível I</b>	<b>115</b>
<b>8.2. Lista de Questões Nível II</b>	<b>122</b>
<b>9. Considerações Finais</b>	<b>212</b>



**Siga minhas redes sociais!**



*Prof. Thiago Cardoso*



*@thiagofernando.pe*



## Apresentação da Aula

Nessa aula, vamos dar os nossos primeiros passos no estudo da Química Orgânica.

Esse é o ramo da Química em maior expansão na atualidade. Para se ter uma ideia, estima-se que atualmente são conhecidos mais de 19 milhões de compostos. E é um número que cresce a cada dia.

A Química Orgânica é o principal foco de estudo nas pesquisas de novos medicamentos, fertilizantes e alimentos.

### Introdução à Química Orgânica nas Provas do ITA

Nesse capítulo, estudaremos de maneira breve as classificações das cadeias. Fizemos isso porque as provas do ITA raramente cobram questões diretamente sobre isso.

Também estudamos brevemente as regras de nomenclatura dos compostos orgânicos. Você precisará ter uma noção dessas regras pra sermos capazes de conversar sobre os compostos. Você precisa saber desenhar a fórmula estrutural do etanol, só de saber o nome, por exemplo.

O ITA, ocasionalmente, cobra questões diretamente sobre nomenclatura. Por isso, veremos mais detalhadamente a nomenclatura de cada função orgânica à medida que as formos estudando.

Nesse capítulo, o foco é mais em saber as regras gerais.

O seu grande foco nesse material deve ser aprender Isomeria, que é um dos assuntos mais frequentemente cobrados nas provas do ITA. São questões normalmente simples, mas que requerem muita habilidade com as regras e os tipos de isomeria.

## 1. O Átomo de Carbono

A Química Orgânica estuda os compostos do carbono. Vale ressaltar que existem alguns compostos que, embora apresentem o átomo de carbono, não são considerados orgânicos. Entre eles:

- o ácido cianídrico (HCN) e seus cianetos, como o cianeto de sódio (NaCN);
- o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) e seus sais, que são bicarbonatos, como o bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ) e os carbonatos, como o de cálcio ( $CaCO_3$ );
- os óxidos do carbono (CO e  $CO_2$ );
- os carbetos ( $CaC_2$ ,  $Ag_2C_2$ , entre outros);
- as variedades alotrópicas (grafite, diamante e fulerenos).

Em relação a outros elementos químicos, as ligações simples C – C e C – H são muito fortes. Vejamos dados sobre a energia de ligação.

Tabela 1: Comparação entre diversas Energias de Ligação Simples

Ligação	Energia de Ligação (kJ/mol)
<b>H – H</b>	436,0
<b>C – H</b>	413,4



<b>C – C</b>	346,8
<b>C = C</b>	614,2
<b>O – O</b>	134,3
<b>N – N</b>	159,6
<b>F – F</b>	153,1
<b>Cl – Cl</b>	242,6
<b>Br – Br</b>	192,8

Como as ligações C – C são mais fortes que outras ligações simples, o carbono tem a facilidade de formar **cadeias carbônicas**, que são um conjunto de ligações carbono-carbono seguidas. Essas cadeias geralmente são acompanhadas por ligações C – H, que é também bastante energética.

Essas cadeias podem ser curtas, desde um único átomo, como no caso do metano (CH<sub>4</sub>), até milhares de átomos de carbono em sequência.

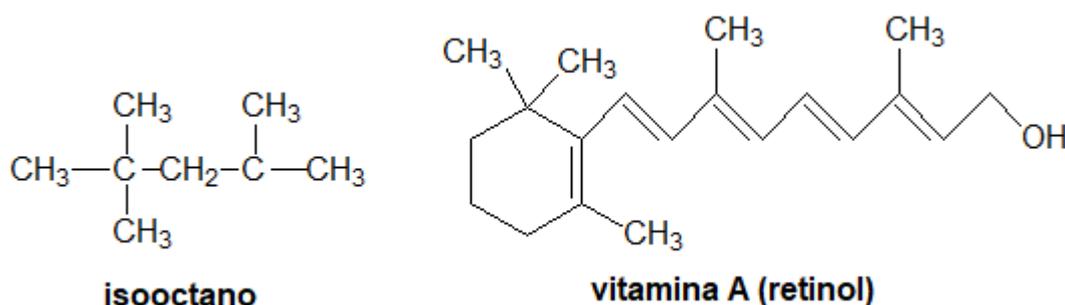


Figura 1: Exemplos de Cadeias Carbônicas

## 1.1. Teoria da Força Vital

No final do Século XIX, a Química suplantava a alquimia. Porém, havia uma grande questão que permanecia sem resposta: substâncias extraídas de plantas e animais se decompunham quando retiradas dos organismos vivos que as produziam. Além disso, as técnicas desenvolvidas de sínteses químicas conhecidas na época não eram capazes de sintetizá-las.

As substâncias orgânicas, portanto, desafiavam o princípio de que as substâncias químicas são imperecíveis, ou seja, de que elas não perdem as suas propriedades, a não ser por reações químicas.

Algumas substâncias orgânicas estáveis quimicamente, como o etanol e o ácido acético, eram conhecidas desde a Idade Média, mas nada se sabia sobre a sua composição química. Por exemplo, não se conhecia o mecanismo de como o etanol se transformava em ácido acético.



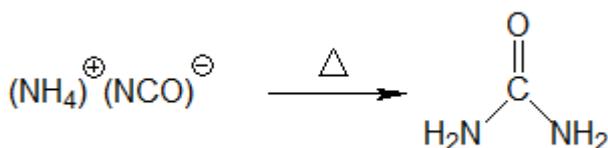
A fim de explicar esses fatos, o proeminente químico sueco Jöns Jakob Berzelius propôs em 1808 a Teoria da Força Vital, também chamada de Vitalismo Bioquímico, que preconizava que **somente os seres vivos** seriam capazes de sintetizar as substâncias orgânicas.

Essa teoria foi bem aceita na época, porém, constituía um verdadeiro entrave ao desenvolvimento da Química Orgânica, porque era um forte desestímulo a que fosse feita qualquer pesquisa sobre sínteses de novos produtos orgânicos.

Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), aluno de Berzelius, foi o primeiro a conseguir sintetizar uma substância orgânica a partir de substâncias inorgânicas.



Figura 2: Friedrich Wöhler derrubou a Teoria da Força Vital



Wöhler conseguiu produzir a uréia – substância orgânica presente em excretas de diversos seres vivos – a partir do aquecimento de uma amostra de isocianato de amônio – um sal inorgânico.

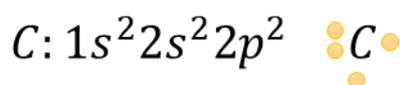
Essa síntese representou um grande passo para o desenvolvimento da Química Orgânica, pois refutou a Teoria da Força Vital.

Até hoje, utiliza-se a palavra **orgânico** como sinônimo “produzido por seres vivos” ou ainda como “sem interferência de produtos químicos”. É o caso dos alimentos orgânicos, que recebem esse rótulo quando são livres de pesticidas e fertilizantes. E também das vitaminas orgânicas, que são isoladas de plantas ou animais, diferentemente das sintéticas, que são produzidas em laboratório.

Objetivamente falando, não existe nenhuma diferença entre a vitamina C natural e a fabricada em laboratório. Ambas são a mesma substância, cuja molécula é representada a seguir.

## 1.2. Hibridização

Como estudado em Ligações Químicas, o carbono é da família IV-A, portanto, apresenta no seu estado fundamental 4 elétrons na camada de valência, sendo apenas dois desemparelhados.



Pela sua configuração eletrônica, no estado fundamental, o carbono seria capaz de formar apenas duas ligações covalentes. No entanto, na imensa maioria dos seus compostos, ele forma quatro ligações. A explicação para isso é que podemos considerar o seguinte estado excitado.

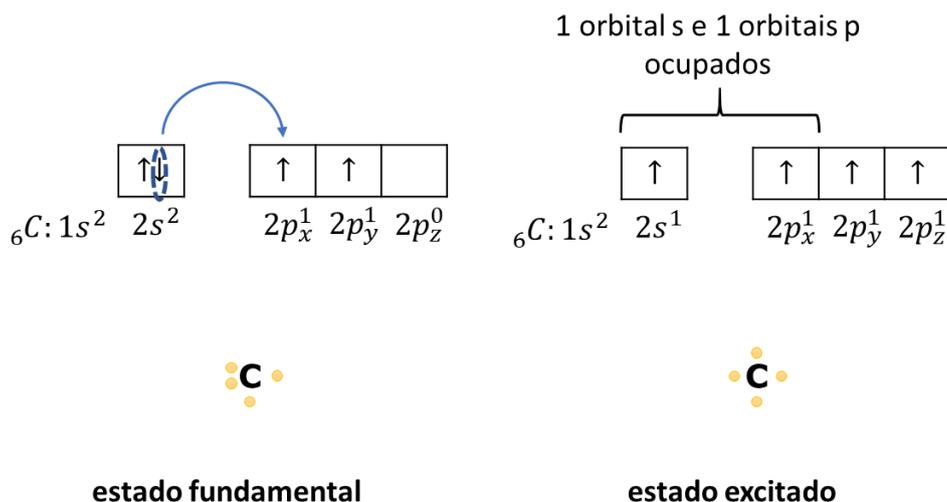
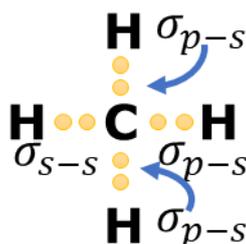


Figura 3: Estado Excitado do Carbono

Porém, o estado excitado apontado na Figura 3 ainda não é a melhor descrição do átomo de carbono na molécula  $CH_4$ . Ele sugere que uma das ligações no metano seria formada pelo orbital **2s** do carbono, enquanto que as outras seriam formadas pelo orbitais **2p**.



Como o orbital **2p** é diferente do orbital **2s**, o fato de uma das ligações ser  $\sigma_{s-s}$  faria que uma das ligações do metano fosse diferente das demais. Isso resultaria em uma ligação com energia e comprimento diferentes das demais.

Porém, com o auxílio de espectrometria, é possível mostrar que **todas as ligações do metano são iguais**. Todas possuem o mesmo comprimento (108,4 pm) e a mesma energia de ligação.

Isso acontece, porque o orbital **2s** e os três orbitais **2p** dão lugar a 4 orbitais híbridos com caráter intermediário entre **s** e **p**. Entre o

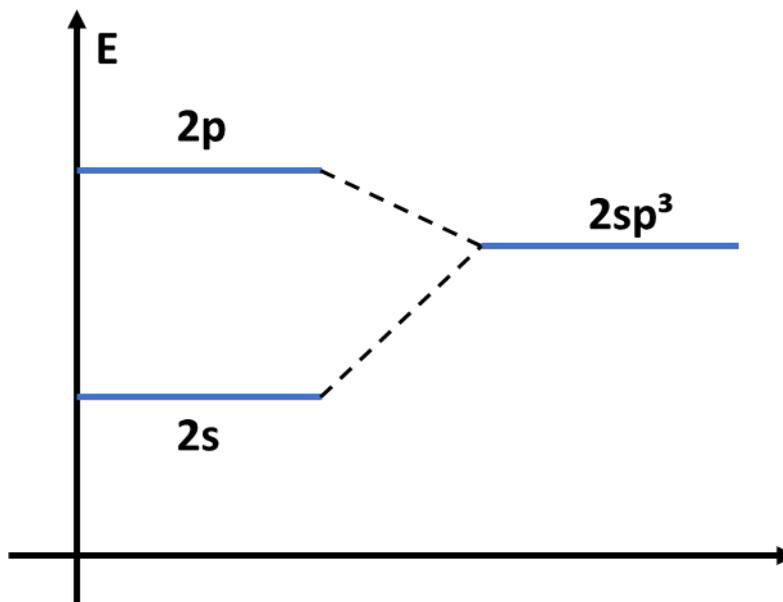


Figura 4: Energia dos Orbitais  $sp^3$  em comparação com

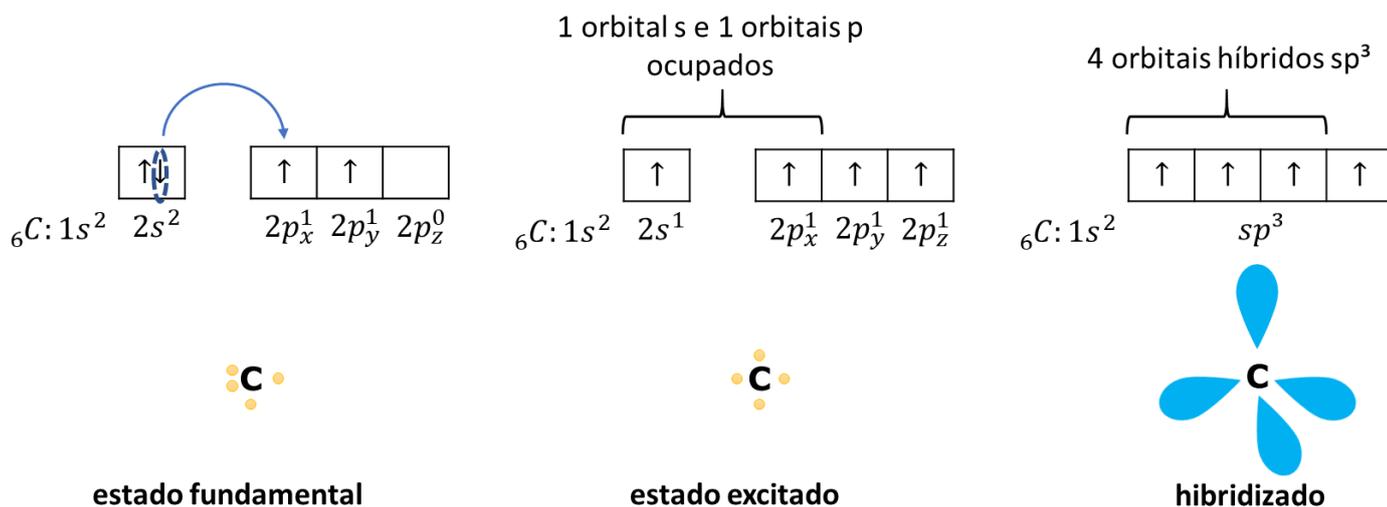


Figura 5: Hibridização do Carbono

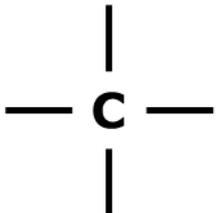
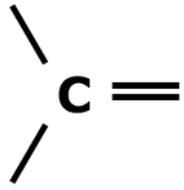
É importante relembrar que, como visto em Ligação Covalente, os orbitais que formam ligações  $\pi$  não são **híbridos**.

Por isso, o número de orbitais híbridos do carbono depende do número de ligações sigma que ele realiza.

Tabela 2: Hibridizações do Carbono

Formato	Número de Ligações Sigma	Hibridização	Geometria	Ângulo de Ligação
---------	--------------------------	--------------	-----------	-------------------



	4	$sp^3$	Tetraédrica	$109,5^\circ$
	3	$sp^2$	Trigonal	$120^\circ$
	2	$sp$	Linear	$180^\circ$
	2	$sp$	Linear	$180^\circ$

### 1.3. Representação das Cadeias Carbônicas

Uma representação mais comum das cadeias carbônicas é por meio de uma linha poligonal em que cada átomo de carbono representa um vértice e os hidrogênios são omitidos. Para saber o número de hidrogênios ligados a cada átomo de carbono, basta contar quantas ligações já foram desenhadas? O número de hidrogênio é o suficiente para completar as quatro ligações que todo átomo de carbono precisa formar.

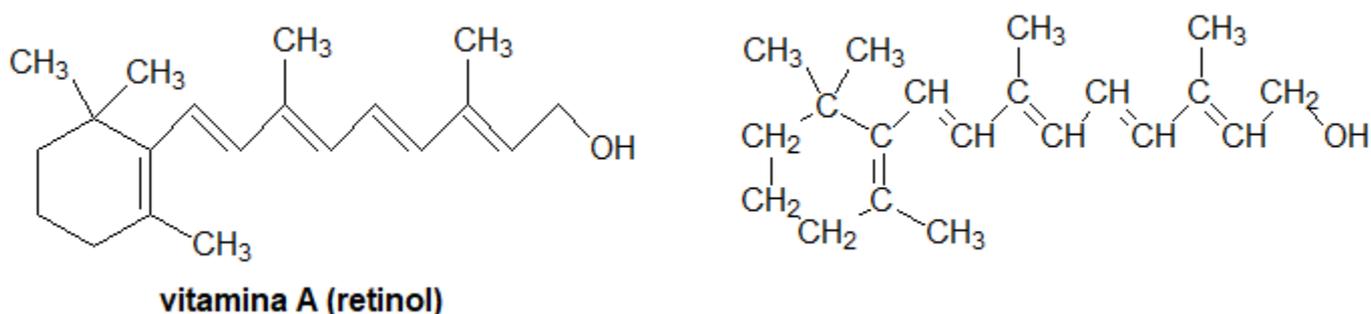


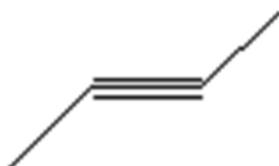
Figura 6: Representação Usual de Cadeia Carbônica

Vale ressaltar que os ângulos de ligação devem ser realistas. No caso de de carbonos  $sp^3$  e  $sp^2$ , a sequência de átomos de carbono deve ser sempre em formato de zigue-zague, como mostrado na Figura 6.

No caso de carbono  $sp$ . Como a geometria em torno de carbono  $sp$  é linear, em torno desses carbonos, a molécula deve ficar uma linha reta.



**Correto**



**Errado**

Figura 7: Representação em torno de Carbonos *sp*

As cadeias podem conter **heteroátomos**, que são átomos diferentes do carbono, mas que estão ligados a dois carbonos diferentes. Geralmente, são átomos de oxigênio (O), nitrogênio (N) ou enxofre (S). É o caso do oxigênio no éter comum (cujo nome oficial é etoxietano).

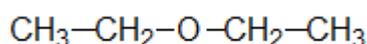


Figura 8: A molécula de etoxietano apresenta o oxigênio como heteroátomo

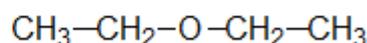
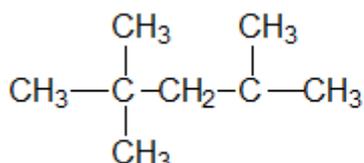
## 1.4. Classificação das Cadeias Carbônicas

É importante você conhecer as principais classificações.

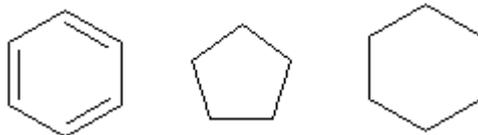
### 1.4.1. Quanto à Presença de Ciclos

As cadeias carbônicas são classificadas em:

- **Abertas ou Acíclicas:** em uma cadeia aberta, seguindo a sequência de átomos de carbono em qualquer direção, sempre encontraremos um carbono de extremidade, ou seja, um carbono primário.

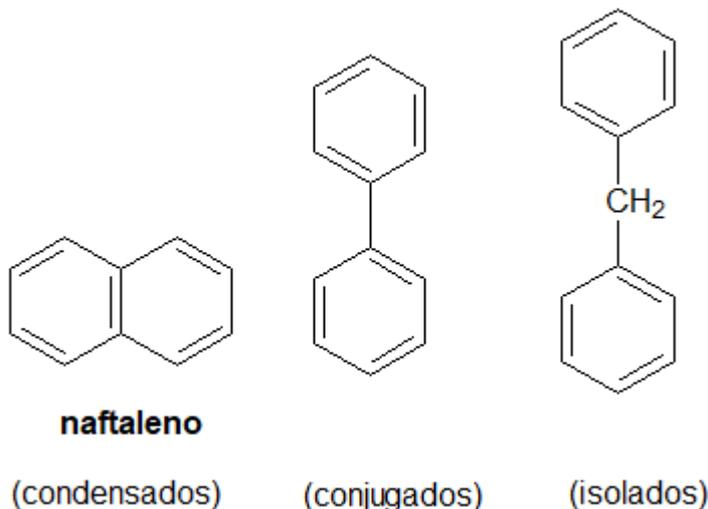


- **Fechadas ou Cíclicas:** em uma cadeia fechada,

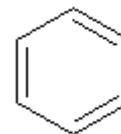


Uma cadeia também pode ser policíclica, ou seja, vários ciclos que podem ser:

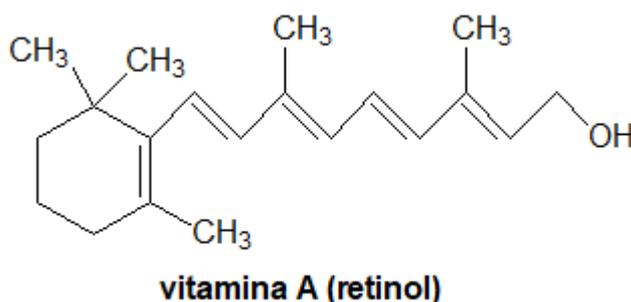
- ✓ **Condensados:** quando possuem átomos de carbono em comum;
- ✓ **Conjugados:** quando dois ciclos diferentes são ligados por ligações químicas;
- ✓ **Isolados:** quando há um trecho de cadeia aberta separando os dois ciclos



As cadeias cíclicas são ditas **aromáticas** quando possuem um núcleo aromático, sendo o mais conhecido o anel benzênico. No Capítulo específico sobre Compostos Aromáticos, veremos



- **Mistas:** quando possuem trechos cíclicos e trechos acíclicos. Vale ressaltar que muitos autores chamam simplesmente essas cadeias de *cíclicas*. Podemos citar a vitamina C como um caso.



## 1.4.2. Quanto à Presença de Ramificações

Uma cadeia é **normal** ou **linear** quando é formada apenas por átomos de carbonos primário e secundário. Nesse caso, a sequência de átomos de carbono pode ser disposta em uma linha reta, e a cadeia só apresenta duas extremidades.

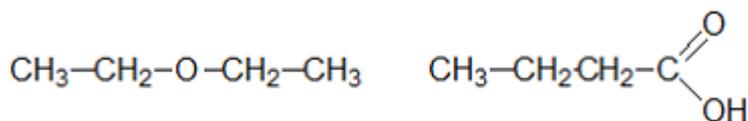


Figura 9: Exemplos de Cadeia Normal

Por outro lado, uma cadeia é **ramificada** quando apresenta átomos de carbono terciários ou quaternários. Nesse caso, ela apresentará mais de duas extremidades. É o caso do isooctano.

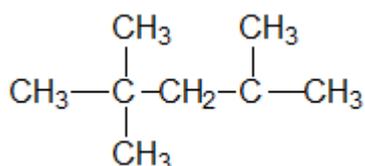


Figura 10: Exemplos de Cadeia Ramificada

### 1.4.3. Quanto à Presença de Insaturações

Uma insaturação é uma ligação pi.

Uma cadeia é saturada quando não possui ligações pi, portanto, todas as ligações são simples. Uma confusão comum acontece quando a insaturação está na ramificação, como no caso da propanona. No caso da propanona, a ligação dupla está fora da cadeia. A cadeia somente seria saturada, se houvesse ligação dupla entre os carbonos.

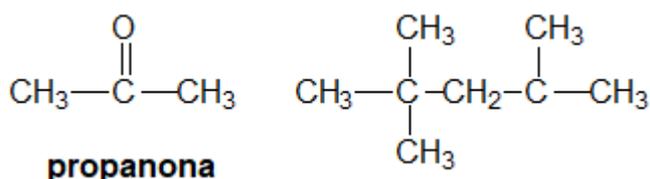


Figura 11: Exemplos de Cadeias Saturadas

A cadeia somente é dita insaturada quando existe ligação pi entre átomos de carbono da cadeia. É o caso da vitamina A.

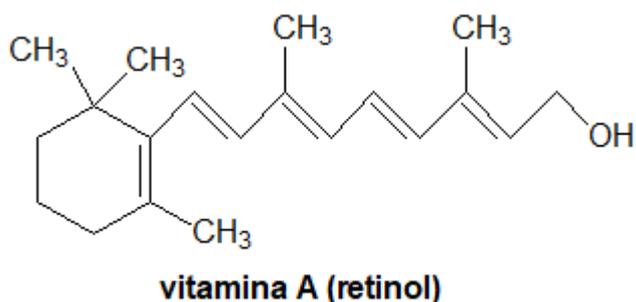


Figura 12: Exemplo de Cadeia Insaturada



## 1.5. Séries Orgânicas

São três tipos de séries de compostos as mais faladas:

- **Série Homóloga:** é o conjunto de ordenado compostos, pertencentes à mesma função, em que dois compostos consecutivos se diferenciam apenas pela quantidade de grupos  $-CH_2-$ .

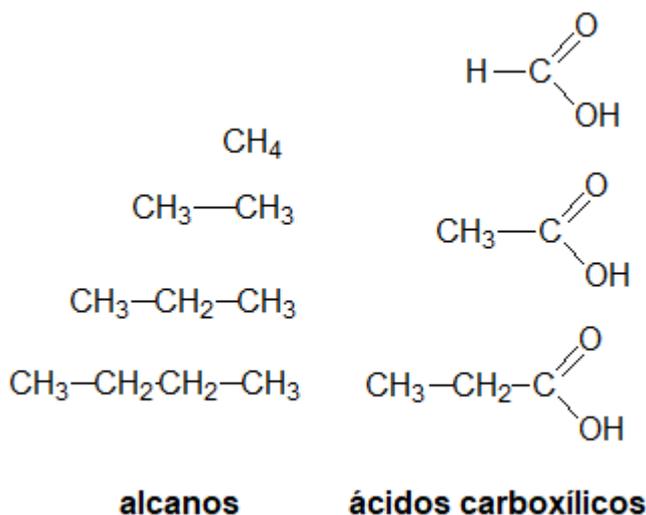


Figura 13: Séries Homólogas

- **Série Isóloga:** é o conjunto de compostos que possuem a mesma cadeia carbônica e pertencem à mesma função orgânica, em que dois compostos consecutivos se diferenciam por  $H_2$  e pelo número de insaturações.

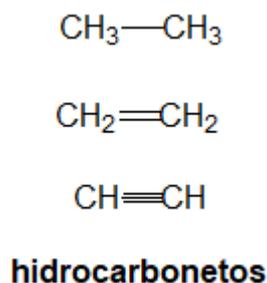


Figura 14: Exemplo de Série Isóloga

- **Série Heteróloga:** é o conjunto de compostos com o mesmo número de átomos de carbono, porém, pertencem a funções diferentes.

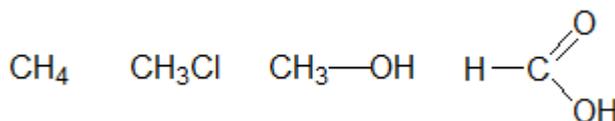


Figura 15: Exemplo de Série Heteróloga

## 2. Nomenclatura de Compostos Orgânicos

Nesse Capítulo, vamos dar apenas ideias gerais de como funciona a nomenclatura de Compostos Orgânicos.



Quando estivermos estudando cada função especificamente, veremos mais profundamente. Aqui você precisará apenas ter uma noção geral.

O primeiro conceito que devemos aprender é o de **grupo funcional**.

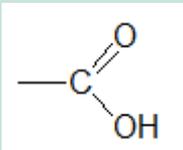
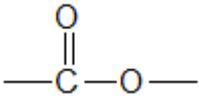
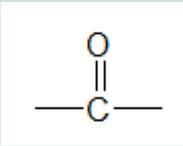
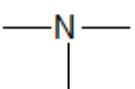
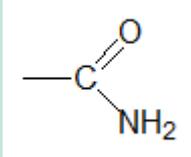


O grupo funcional é um pequeno trecho de molécula responsável pela maior parte de suas propriedades físicas e químicas.

De maneira geral, podemos entender o grupo funcional como o trecho da molécula que contém átomos diferentes de carbono e hidrogênio.

Vejamos alguns exemplos de grupos funcionais.

Tabela 3: Grupo Funcional

Grupo Funcional	Função	Sufixo
Nenhum	Hidrocarboneto	-o
—OH	Álcool	-ol
	Ácido Carboxílico	-óico
	Éster	
	Cetona	-ona
	Amina	-amina
	Amida	-amida



Ao analisar a estrutura de uma molécula qualquer, podemos concluir a que funções orgânicas pertence uma substância com base nos grupos funcionais que encontramos na molécula. Por exemplo, considere a molécula da vitamina C.

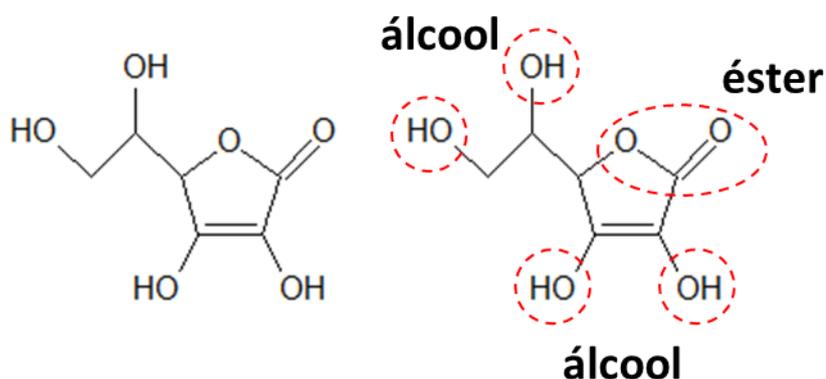


Figura 16: Grupos Funcionais presentes na Molécula de Vitamina C

São bastante comuns também os hidrocarbonetos, que são compostos orgânicos formados exclusivamente por carbono e hidrogênio e que, portanto, não apresentam nenhum grupo funcional. É o caso do iso-octano, o principal componente da gasolina.

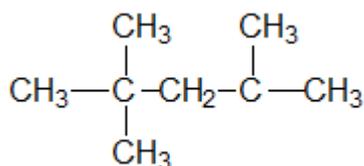


Figura 17: Molécula de Iso-octano

## 2.1. Cadeia Principal

A cadeia principal é a maior sequência de átomos de carbono que contém preferencialmente:

- O carbono do grupo funcional;
- As insaturações;
- Deixe de fora os radicais menos complexos possíveis.

Vejamos alguns exemplos.

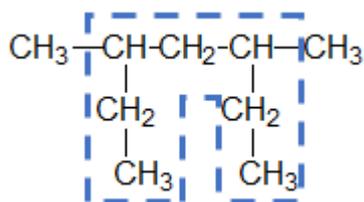


Figura 18: Exemplo de Cadeia Principal

Na Figura 18, a cadeia principal é a sequência mais longa possível, contendo 7 átomos de carbono.



Porém, na presença de grupos funcionais e insaturações, o número de átomos da cadeia principal pode se reduzir, de modo a acomodá-los.

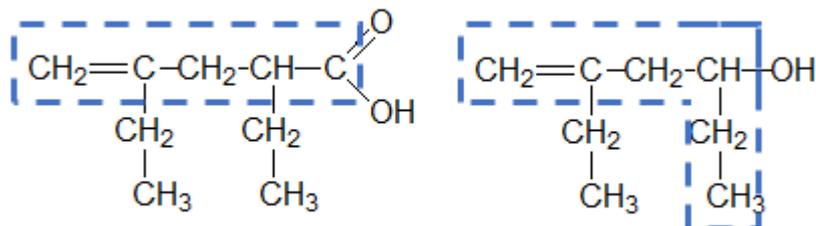


Figura 19: Exemplos de Cadeias Principais em compostos que possuem insaturações e grupos funcionais

Um caso interessante que abordamos na Figura 19 é o que acontece quando o grupo funcional não contém carbono. Nesse caso, ele é simplesmente uma ramificação da cadeia. O átomo de carbono que precisa estar incluído é aquele que está diretamente ligado ao grupo –OH.

É interessante também aprender a numerar a cadeia. A numeração deve ser feita no sentido que confere os menores números possíveis, em ordem de preferência, a:

- O grupo funcional;
- As insaturações;
- Os radicais mais complexos.

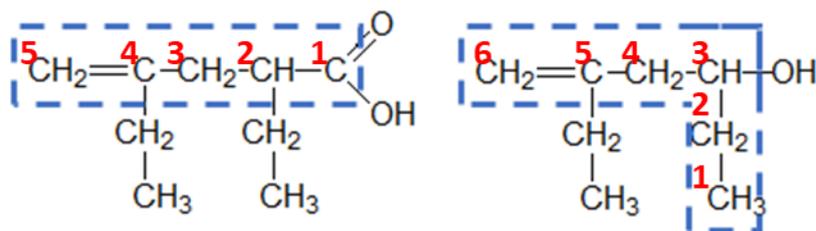


Figura 20: Numeração da Cadeia Principal

A nomenclatura da cadeia principal, em regra, segue o esquema.

Prefixo	+	Infixo	+	Sufixo
Quantidade de carbonos		Presença de Insaturações		Grupo Funcional

O prefixo da cadeia principal diz respeito à quantidade de carbonos. Devem ser utilizados.

Tabela 4: Prefixos para a Nomenclatura da Cadeia Principal

Número de Carbonos	Prefixo	Número de Carbonos	Prefixo
1	Met	6	Hex
2	Et	7	Hept
3	Prop	8	Oct
4	But	9	Non



5	Pent	10	Dec
---	------	----	-----

Quanto à presença de insaturações, devem ser utilizados os seguintes nomes.

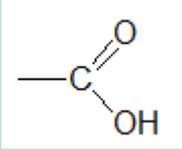
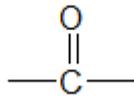
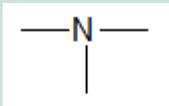
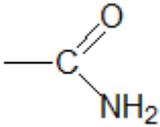
Tabela 5: Infixos para a Nomenclatura de Cadeia Principal

Insaturação	Infixo
Saturada	– an –
Dupla	– en –
Tripla	– in –

Sempre que houver mais de uma possibilidade para localizar a insaturação na cadeia principal, é preciso colocar a numeração correspondente à posição exata ocupada por ela.

Por fim, alguns dos principais sufixos já foram aprendidos, mas não custa repetir.

Tabela 6: Grupo Funcional

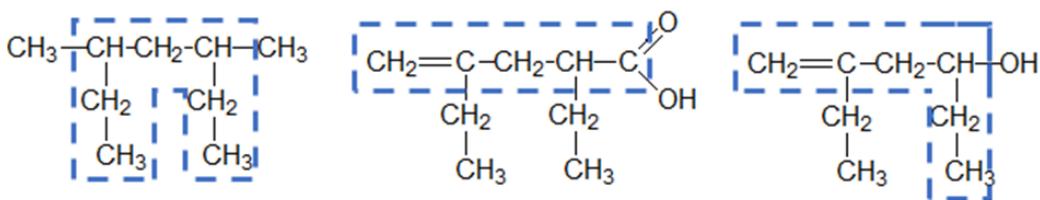
Grupo Funcional	Função	Sufixo
Nenhum	Hidrocarboneto	–o
—OH	Álcool	–ol
	Ácido Carboxílico	–óico
	Cetona	–ona
	Amina	–amina
	Amida	–amida

O grupo funcional também deve ser numerado, se houver mais de uma possibilidade de localização. Isso acontece quando o grupo é uma ramificação da cadeia (como o grupo álcool) ou quando ele tem dois ligantes (como o grupo cetona). Alguns grupos, como o grupo ácido carboxílico, são sempre terminais. Nesse caso, não há necessidade de numerar.

As numerações da cadeia principal devem aparecer sempre imediatamente antes do termo a que se referem – do infixos ou do sufixo –, sendo isoladas por hífens.



Vejamos alguns exemplos. Mas, atenção, não estamos dando os nomes dos compostos mostrados, mas somente da sua cadeia principal.



**Nome da Cadeia Principal**

**heptano**

**pent-4-enóico**

**hex-5-en-3-ol**

Figura 21: Exemplos de Nomenclatura da Cadeia Principal

Em tempos antigos, costumava-se posicionar os números antes ou depois do nome do composto. Por exemplo, chamava-se ácido 4-pentenóico ou ácido pentenóico-4.

Essas nomenclaturas, embora sejam mais fáceis e agradáveis de falar, devem ser **evitadas** quando você estiver escrevendo uma prova discursiva, pois são ultrapassadas e foram abandonadas pela IUPAC.

No entanto, caso o enunciado da questão as apresente para você, aceite e resolva a questão normalmente.

## 2.2. Radicais

Os radicais são os trechos da molécula que estão fora da cadeia principal. Exemplos de radicais estão assinalados em vermelho na Figura 22.

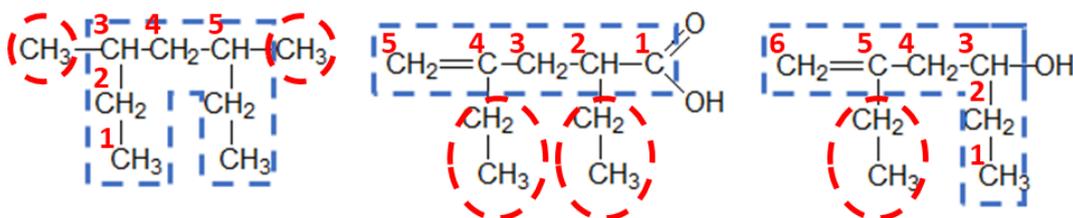


Figura 22: Exemplos de Radicais Orgânicos

De maneira geral, os radicais que sobram em compostos orgânicos são muito simples. Porém, é conveniente aprender vários tipos de radicais, porque as questões de prova podem tocar neles.

### 2.2.1. Radicais Alquila Monovalentes

Esses são os radicais mais comuns de se encontrar. São saturados e formados unicamente por carbono e hidrogênio. Por serem monovalentes, eles somente fecham a cadeia.

Quando de cadeia normal, a sua nomenclatura é dada por:

Prefixo	+	Sufixo
Quantidade de carbonos		-il (ou -ila)



O infixo normalmente só é utilizado para radicais de 4 ou mais carbonos. Vejamos os primeiros exemplos com um e dois carbonos. Nesses casos, só



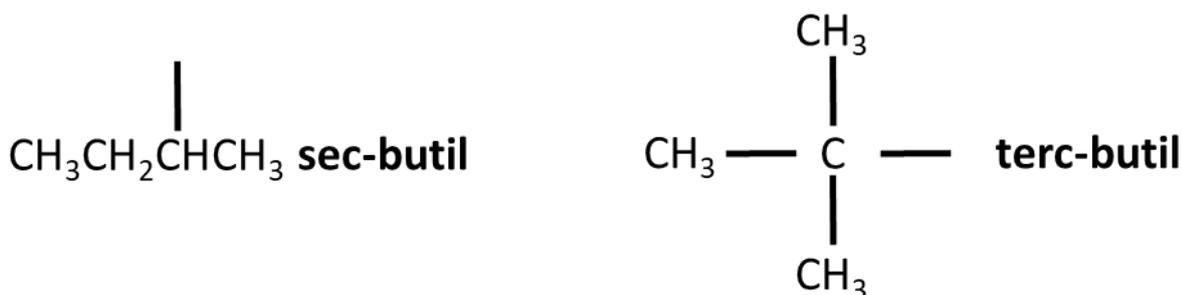
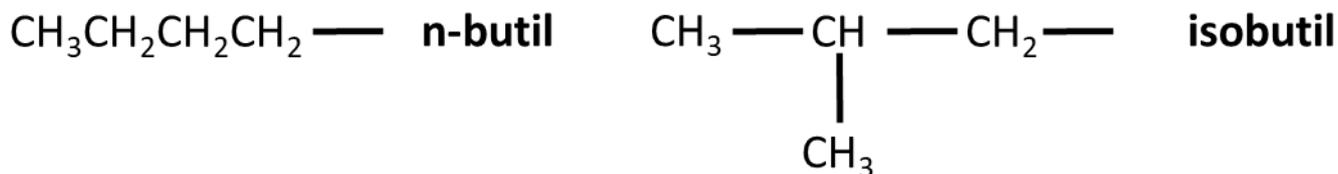
No caso de três carbonos, existem três possibilidades de radicais. A princípio, a nomenclatura desses radicais poderia ser feita recorrendo-se a numeração, porém, isso complicaria muito, pois já existe a nomenclatura da cadeia principal. Por isso, são mais comuns os nomes alternativos: n-propil, sec-propil e isopropil.



Note que:

- o *iso* indica a valência está presente em um carbono primário e que existem dois grupos  $\text{CH}_3$  ligados ao mesmo carbono dentro do radical;
- o *sec* indica que a valência está presente no carbono secundário;

No caso de quatro carbonos, já existem quatro possibilidades de radicais.



De modo análogo ao caso de três carbonos:

- o *iso* indica a valência está presente em um carbono primário e que existem dois grupos  $\text{CH}_3$  ligados ao mesmo carbono dentro do radical;
- o *sec* indica que a valência está presente no carbono secundário;
- o *terc* indica que a valência está presente no carbono terciário.

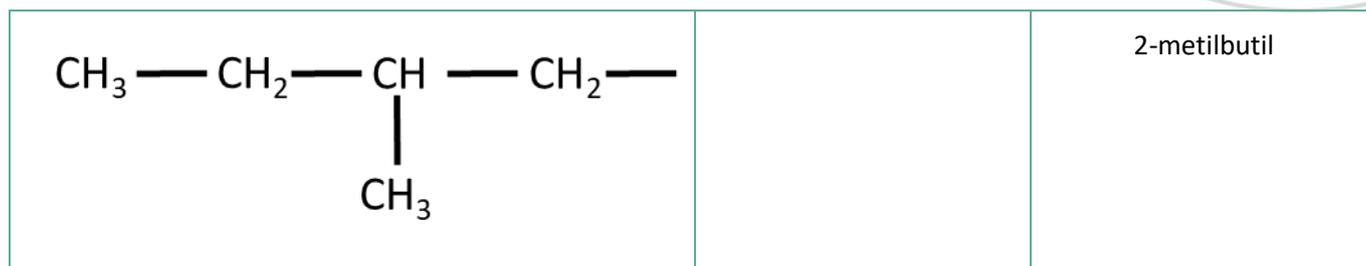
Com cinco carbonos, a quantidade de radicais possíveis é muito grande. Além disso, por serem muito complexos, é bastante comum que eles não sejam utilizados. Esses radicais, por vezes, são chamados de **amil** no lugar de **pentil**.

Tabela 7: Estrutura de IUPAC

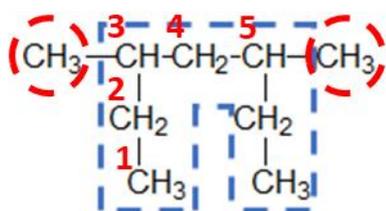
Estrutura	Nome	Nome IUPAC
-----------	------	------------



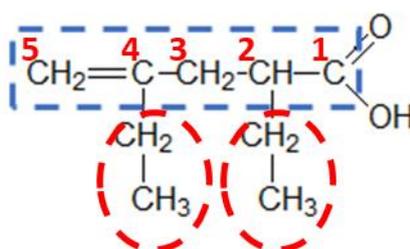
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{—}$	n-pentil ou n-amil	pentil
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{—C—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	terc-pentil	1,1,-dimetil-prop-il
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{—C—CH}_2\text{—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Neopentil	2,2-dimetil-propil
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	isopentil	3-metil-butil
$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHCH}_3 \end{array}$	sec-pentil	pentan-2-il
$\begin{array}{c}   \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \end{array}$	3-pentil	pentan-3-il
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH—} \\   \quad   \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	sec-isopentil	3-metilbutan-2-il



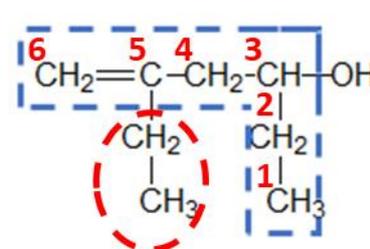
Agora que já conhecemos os radicais alquila, podemos dar nome aos compostos da Figura 22.



**3,5-dimetilheptano**



**Ácido 2,4-dietil-pent-4-enóico**



**5-etil-hex-5-en-3-ol**

Figura 23: Exemplos de Nomenclatura de Compostos Ramificados

## 2.2.2. Radicais Insaturados Monovalentes

A nomenclatura IUPAC de radicais insaturados utiliza o infixo **-en-** quando possuem ligações duplas ou o infixo **-in-** quando possuem ligações triplas.

É mais comum o uso da nomenclatura vulgar, por isso, você precisa conhecer bem esses nomes.

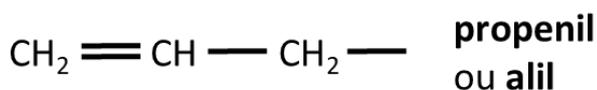
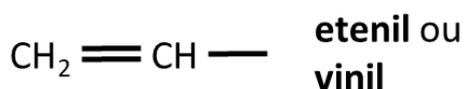
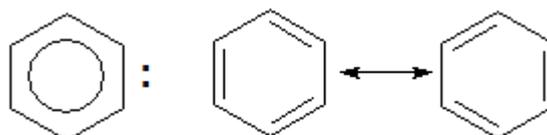


Figura 24: Radicais Insaturados Monovalentes

## 2.2.3. Radicais Aromáticos Monovalentes

Os radicais aromáticos são os derivados do benzeno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ). No benzeno, todos os carbonos são  $\text{sp}^2$  e todas as ligações são intermediárias entre simples e dupla.





Os compostos derivados do benzeno são genericamente chamados de **aromáticos**.

O radical mais importante derivado do benzeno é o **fenil** ( $C_6H_5-$ ), que consiste em benzeno com uma valência livre. Tome cuidado para não confundir esse radical com o **benzil** ( $C_6H_5 - CH_2 -$ ), que é um radical alquila, como mostrado na Figura 25.

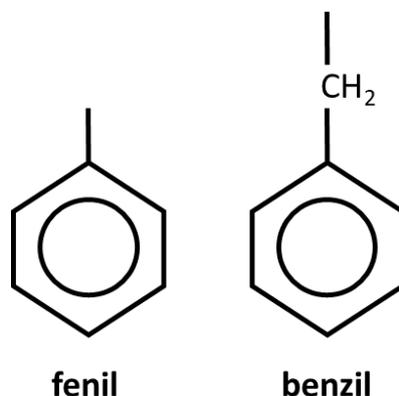


Figura 25: Radicais fenil e benzil

A seguir, temos os radicais derivados tolueno.

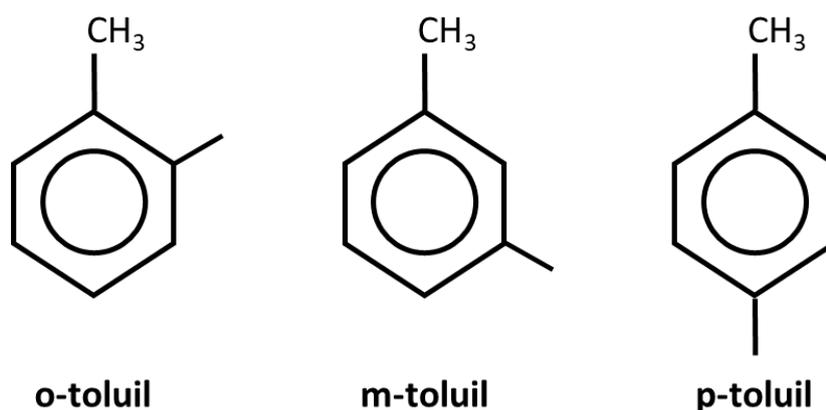


Figura 26: Radicais Derivados do Tolueno

## 2.2.4. Radicais Bivalentes

São dois os sufixos que precisamos aprender para os radicais bivalentes.

- **-ilideno:** quando as duas valências estão no mesmo carbono.
- **-ileno:** quando as duas valências estão em carbonos diferentes;

Vale ressaltar que o metileno é uma exceção, pois, nesse caso, como só existe um átomo de carbono, não é possível que as duas valências estejam em carbonos diferentes. Como a nomenclatura “metilideno” seria mais complicada, prefere-se chamá-lo simplesmente de **metileno**.

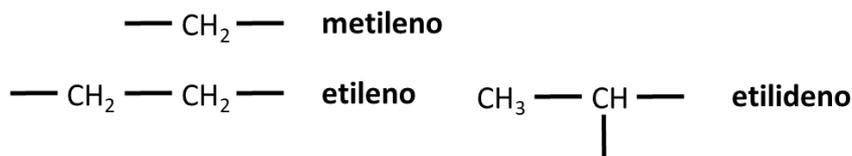
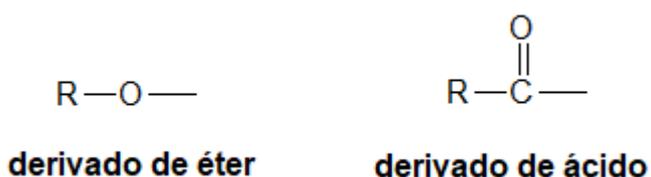


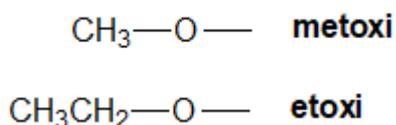
Figura 27: Radicais Bivalentes

## 2.2.5. Radicais Oxigenados

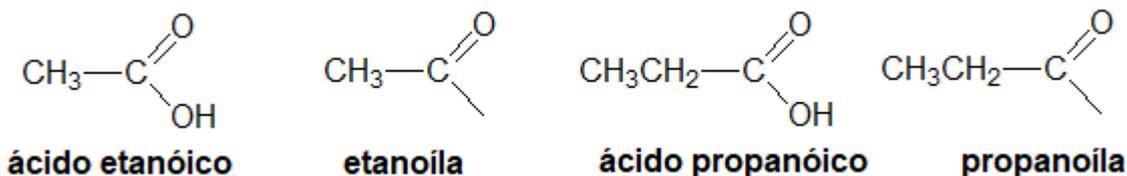
Os éteres e ácidos carboxílicos são funções oxigenadas muito importantes na Química Orgânica. Podemos empregar algumas denominações para os radicais deles derivados.



Os radicais derivados de **éter** são nomeados pelo sufixo **oxi-**. O infix **-an-** é dispensável.



Os radicais derivados de **ácido** são nomeados pelo mesmo nome do ácido em que se troca a terminação **-ico** por **-ila**.



### 1. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

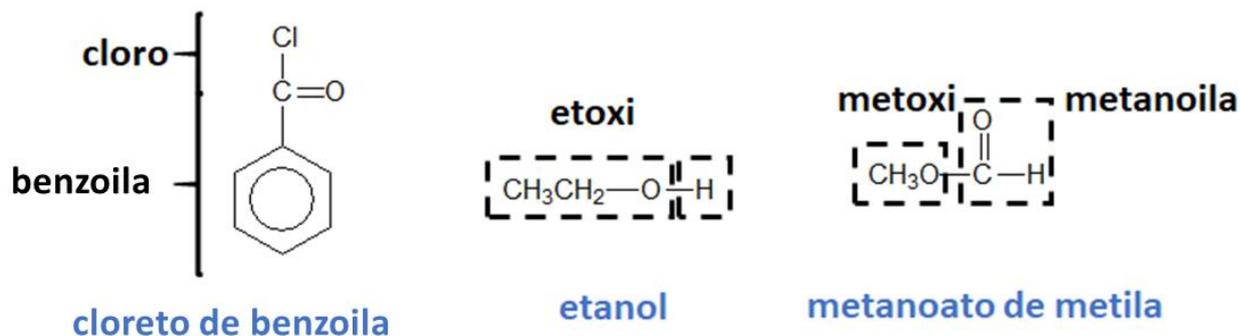
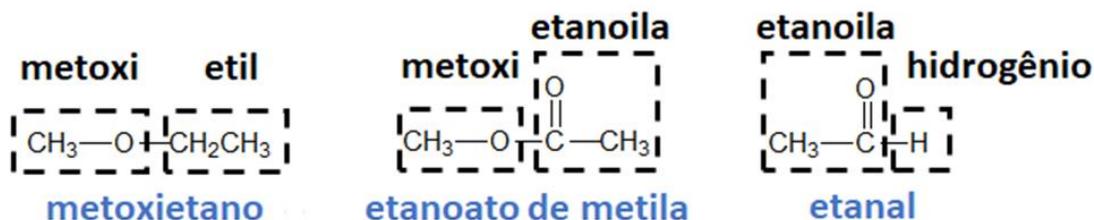
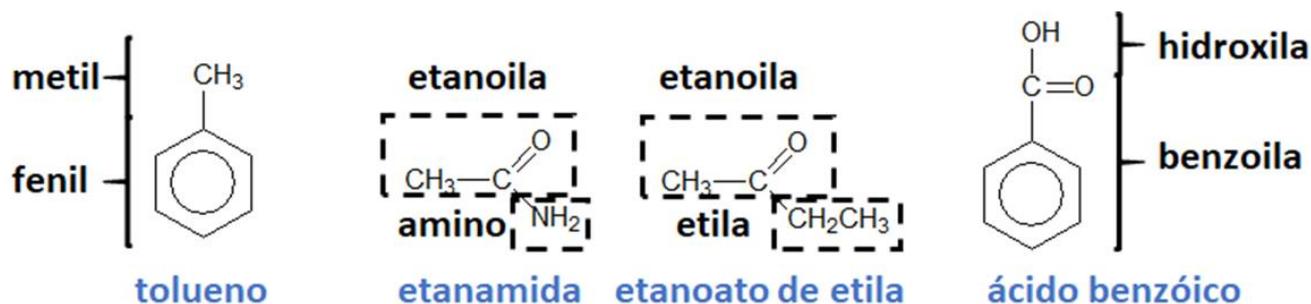
Os itens a seguir apresentam alguns radicais orgânicos. Determine a fórmula estrutural e o nome IUPAC dos compostos formados pela junção desses radicais.

- Fenil + metil
- Etanoíla + amino
- Etanoíla + etil
- Benzoíla + hidroxila



- e) Metoxi + etil
- f) Metoxi + acetila
- g) Etanoila + hidrogênio
- h) Benzoila + cloro
- i) Etoxi + hidrogênio
- j) Metoxi + Metanoila

**Comentários**



**Gabarito: discursiva**

**2. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes hidrocarbonetos:

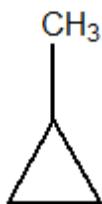
- a) Propano
- b) Pent-1-eno
- c) Hex-3-ino
- d) Hexa-1,3-dieno



- e) 2-metil-octano
- f) 6-fenil-oct-1-eno
- g) Metilciclopentano

**Comentários**

- a)  $CH_3CH_2CH_3$
- b)  $CH_3CH_2CH_2CH = CH_2$
- c)  $CH_3CH_2C \equiv CCH_2CH_3$
- d)  $CH_2 = CH - CH = CHCH_2CH_3$
- e)  $CH_3CH(CH_3)(CH_2)_5CH_3$
- f)  $CH_2 = CH(CH_2)_3CH(C_6H_5)CH_2CH_2CH_3$
- g)  $CH_3CH_2C \equiv CCH_2CH_3$



h)

**Gabarito: discursiva**

---

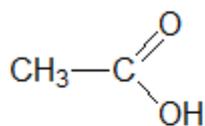
**3. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

O ácido acético é um composto muito importante da Química Orgânica e dá origem a muitos outros compostos por meio de reações químicas. Determine a fórmula estrutural e dê o nome IUPAC dos compostos que podem ser obtidos a partir desse ácido pela substituição:

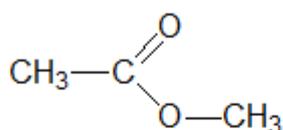
- a) Do hidrogênio ácido por metila.
- b) Do hidrogênio ácido por sódio.
- c) Do hidrogênio ácido por fenila.
- d) Da hidroxila por etil.
- e) Da hidroxila por metoxi.
- f) Da hidroxila por amino.
- g) Da hidroxila por hidrogênio.

**Comentários**

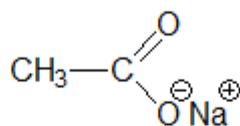
Ácido acético é o nome vulgar do ácido etanóico.



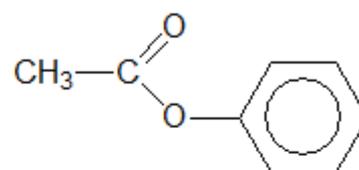
**ácido etanóico**



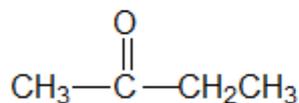
**etanoato de metila**



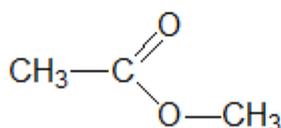
**etanoato de sódio**



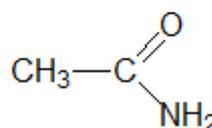
**etanoato de fenila**



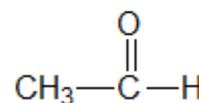
**butanona**



**etanoato de metila**



**etanamida**



**etanal**

Gabarito: discursiva

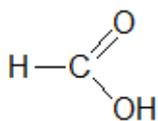
#### 4. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Muitos compostos orgânicos são conhecidos por nomes usuais, que foram consagrados pelo uso. Pesquise as fórmulas estruturais dos seguintes compostos e determine seus nomes IUPAC.

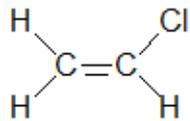
Sugestão: utilizem a internet.

- a) Ácido Fórmico.
- b) Cloreto de Vinila.
- c) Ácido Succínico.
- d) Ácido Tartárico.
- e) Ácido Valérico.
- f) Neopentano.
- g) Isooctano.

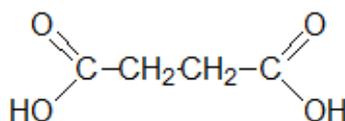
**Comentários**



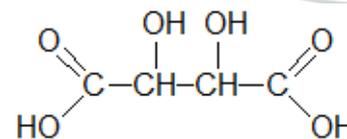
**ácido fórmico**  
**ácido metanóico**



**cloreto de vinila**  
**cloroeteno**



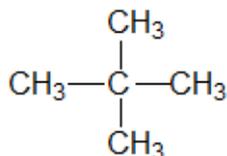
**ácido succínico**  
**ácido butanodióico**



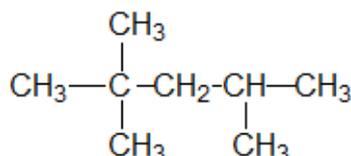
**ácido tartárico**  
**ácido 2,3-dihidróxibutanodióico**



**ácido valérico**  
**ácido pentanóico**



**neopentano**  
**dimetilpropano**



**isooctano**  
**2,2,3-trimetilpentano**

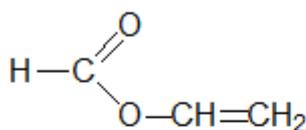
Gabarito: discursiva

### 5. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

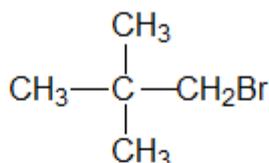
Com base nas fórmulas estruturais desenhadas na questão anterior, escreva os nomes dos seguintes compostos:

- Formiato de vinila.
- Brometo de neopentila.
- Tartarato de metila.
- Valerato de neopentila.

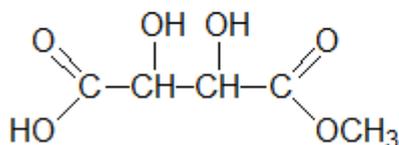
### Comentários



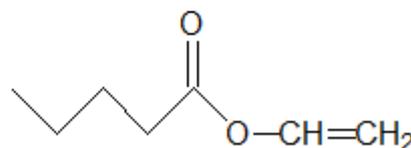
**formiato de vinila**  
**metanoato de etenila**



**brometo de neopentila**  
**1-bromo-dimetil-propano**



**tartarato de metila**



**valerato de vinila**

Gabarito: discursiva



## 2.3. Funções Orgânicas

Agora, vamos fazer um breve estudo sobre as funções orgânicas. Nosso objetivo aqui é apenas apresentar as funções e ver as principais regras de nomenclatura. O principal objetivo desse estudo é apenas preparar você para aprender Isomeria, que é disparado assunto mais importante da Química Orgânica nas questões de prova.

Portanto, não se preocupe em aprofundar agora sobre as Funções Orgânicas. Isso nós faremos mais para frente.

### 2.3.1. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos são substâncias químicas que não possuem grupo funcional. São formados unicamente por átomos de carbono e hidrogênio.

Vejamos algumas das principais classificações de hidrocarbonetos.

- **Alcanos:** são os hidrocarbonetos mais simples. Eles se caracterizam por não terem nenhum tipo de insaturação (ligação pi) na sua cadeia. Todas as ligações são simples. A fórmula geral dos alcanos é  $C_nH_{2n+2}$ .

Como a cadeia é saturada, utiliza-se o infixo *-an-*. Vejamos alguns exemplos de alcanos de cadeia normal.

$CH_4$	<b>Metano</b>
$CH_3 - CH_3$	<b>Etano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_3$	<b>Propano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<b>Butano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<b>Pentano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<b>Hexano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<b>Heptano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	<b>Octano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_3$	<b>Nonano</b>
$CH_3 - CH_2 - CH_3$	<b>Decano</b>

Existem também alcanos de cadeia ramificada. Para isso, note que a cadeia principal deve ser selecionada adequadamente. Nem sempre a cadeia principal está disposta numa linha reta.

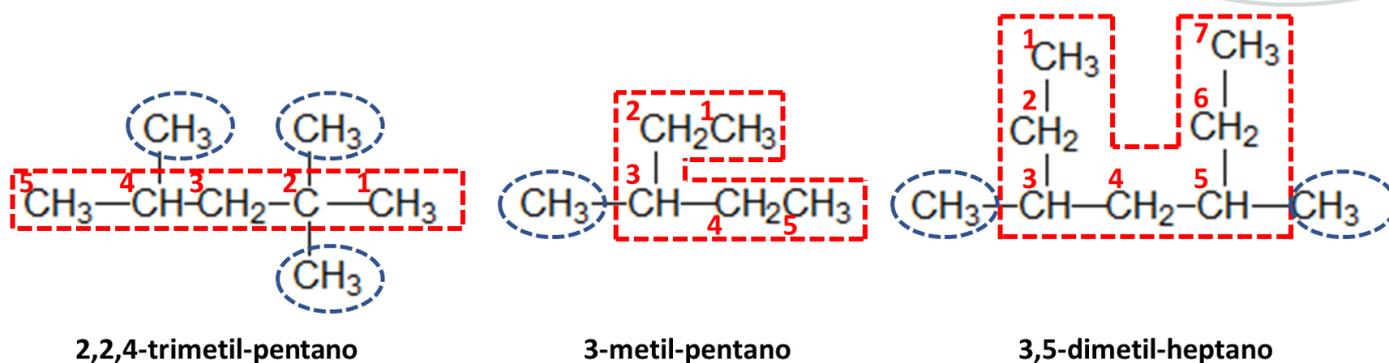
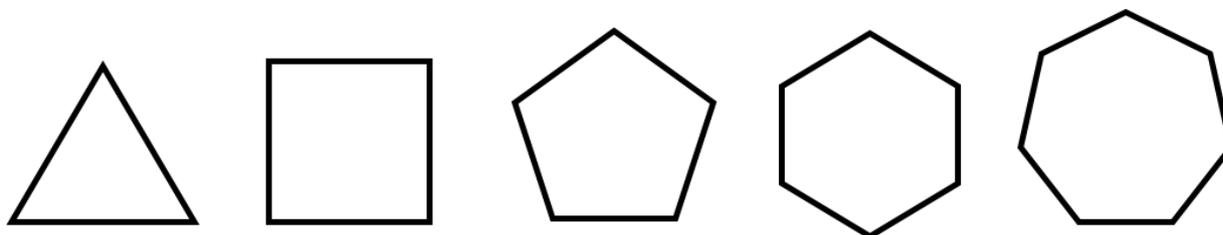


Figura 28: Exemplos de Alcano

- **Ciclanos:** são hidrocarbonetos saturados de cadeia cíclica. Cada ciclo diminui a quantidade de átomos de hidrogênio em duas unidades em relação ao alcano de cadeia aberta. A forma geral dos ciclanos é, portanto,  $C_nH_{2n}$ .



**ciclopropano**    **ciclobutano**    **ciclopentano**    **cicloexano**    **cicloheptano**  
( $C_3H_6$ )            ( $C_4H_8$ )            ( $C_5H_{10}$ )            ( $C_6H_{12}$ )            ( $C_7H_{14}$ )

Figura 29: Exemplos de Ciclanos

- **Alcenos:** os alcenos possuem uma ligação dupla na sua estrutura. Observe que cada ligação dupla cria uma deficiência de hidrogênios, retirando dois átomos do elemento da estrutura. Quando os alcenos possuem apenas uma ligação dupla, eles têm fórmula geral  $C_nH_{2n}$ .

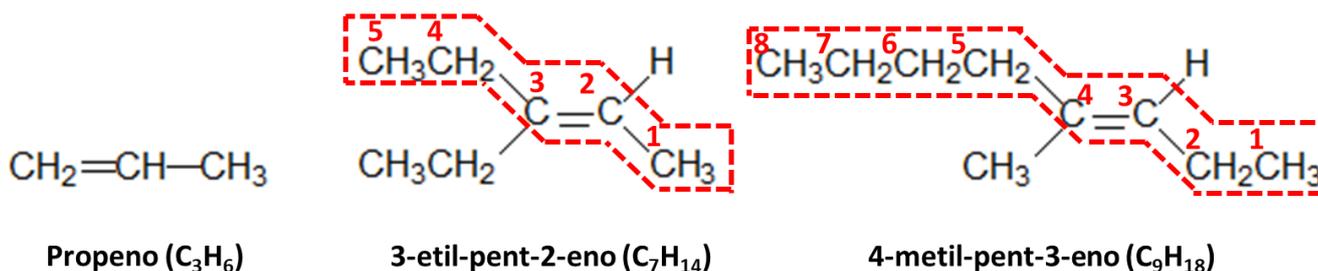


Figura 30: Exemplos de Alcenos

É importante observar que a numeração da cadeia deve ser feita, de modo a conferir o menor número possível à ligação dupla.

Observe que todos esses alcenos têm dois átomos de hidrogênio a menos que os correspondentes alcanos, que seriam: propano ( $C_3H_8$ ), heptano ( $C_7H_{16}$ ) e nonano ( $C_9H_{20}$ ).

Existem também alcenos com mais de uma ligação dupla, como os alcadienos. Cada ligação dupla diminui em duas unidades o número de átomos de hidrogênio.

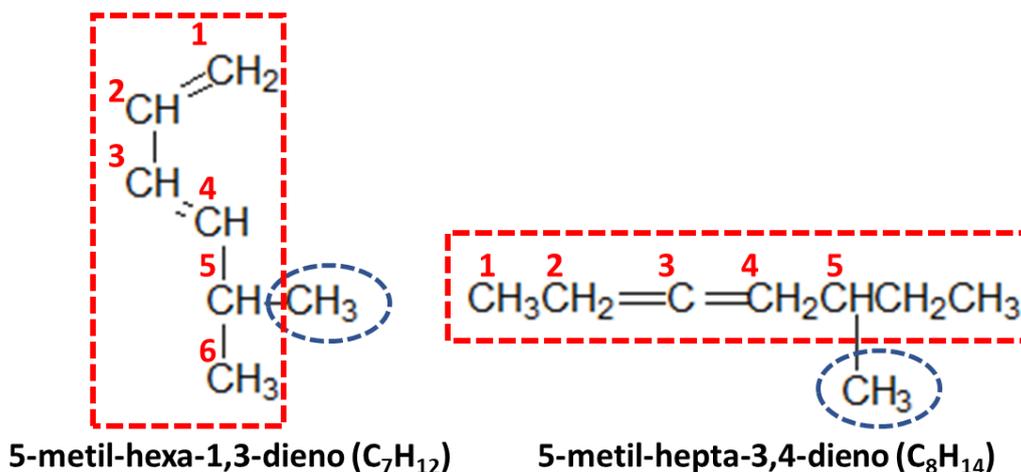
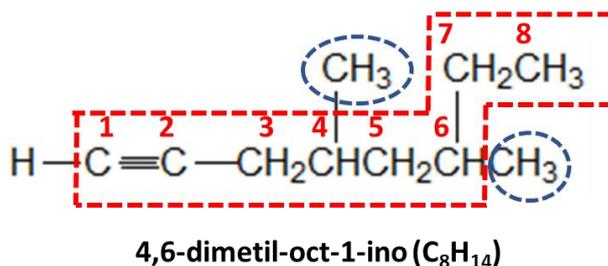


Figura 31: Exemplos de Alcadienos

- **Alcinos:** são hidrocarbonetos que possuem ligações triplas. Cada ligação tripla diminui em 4 unidades o número de átomos de hidrogênio presentes na molécula em relação ao alcano correspondente.



- **Aromáticos:** possuem um anel benzênico, que corresponde à estrutura do benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>).

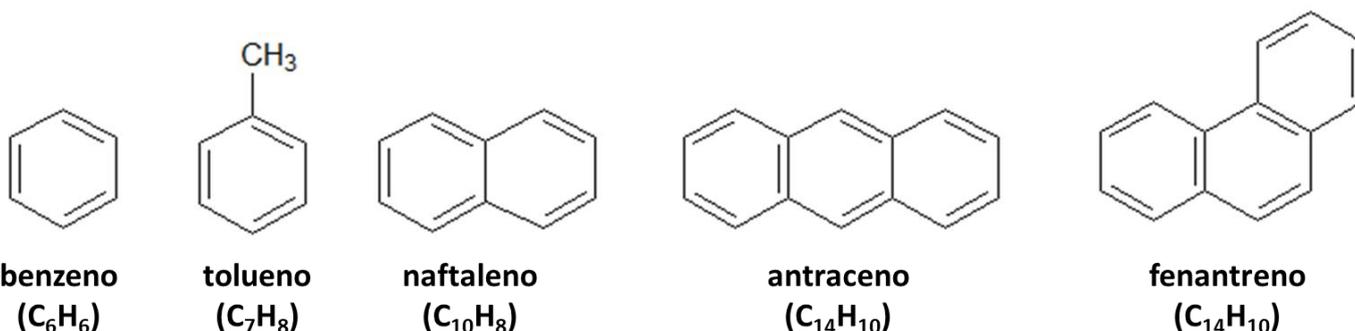


Figura 32: Exemplos de Compostos Aromáticos

A forma mais simples de obter o número de hidrogênios de um composto aromático é por meio da contagem das deficiências de hidrogênio. Lembre-se que:

- Cada ciclo introduz uma deficiência de hidrogênio;
- Cada ligação pi introduz uma deficiência de hidrogênio.

Dessa forma, o naftaleno possui 10 carbonos. O alcano correspondente teria fórmula molecular C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> – lembre-se da fórmula geral C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Porém, esse composto apresenta 2 ciclos e 5 ligações pi, portanto, 7 deficiências de hidrogênio. Logo, ele possui 14 hidrogênios a menos que o alcano correspondente (22 – 14 = 8). Logo, a sua fórmula molecular é C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>.



Podemos fazer o mesmo para o antraceno e o fenantreno, que possuem 14 carbonos. Eles possuem 3 ciclos e 7 ligações pi, portanto, 10 deficiências de hidrogênio. Logo, eles possuem 20 hidrogênios a menos que o alceno corresponde, que é o  $C_{14}H_{30}$  – usando a fórmula geral  $C_nH_{2n+2}$ .

Portanto, a fórmula molecular do antraceno e do fenantreno é  $C_{14}H_{10}$ .

Saber contar as deficiências de hidrogênio é um truque muito interessante para determinar se duas substâncias são realmente isômeros – ou seja, possuem a mesma fórmula molecular.

Uma forma simples de você perceber rapidamente que o antraceno e o fenantreno possuem a mesma fórmula molecular é observar que eles possuem o mesmo número de átomos de carbono e a mesma quantidade de deficiências de hidrogênio.

## 2.3.2. Funções Oxigenadas

As funções orgânicas oxigenadas possuem átomos de oxigênio. Lembre-se que, por enquanto, você não precisa decorar as regras de nomenclatura. Estudaremos cada uma dessas funções mais calmamente. Nesse momento, eu preciso apenas que você memorize os grupos funcionais de cada função orgânica.

- **Álcoois:** são formados por grupo  $-OH$  ligado a carbono saturado. Sua nomenclatura utiliza o sufixo **-ol**.

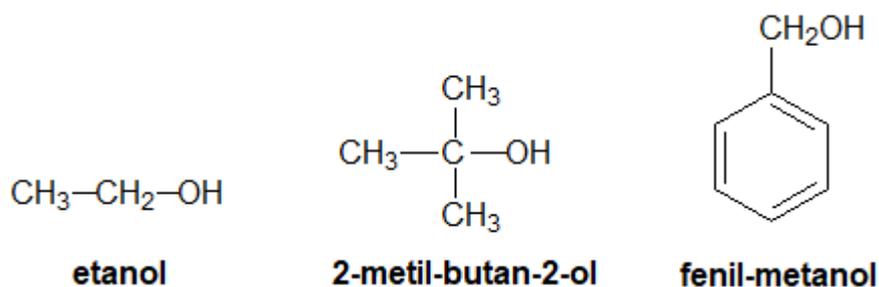


Figura 33: Exemplos de Álcoois

- **Fenóis:** são formados por grupo  $-OH$  ligado a carbono aromático. Na sua nomenclatura, o grupo  $-OH$  pode ser considerado uma ramificação **-hidróxi**. Existe também o hábito de chamar o hidroxibenzeno de fenol, pois é o exemplo mais comum dessa função.

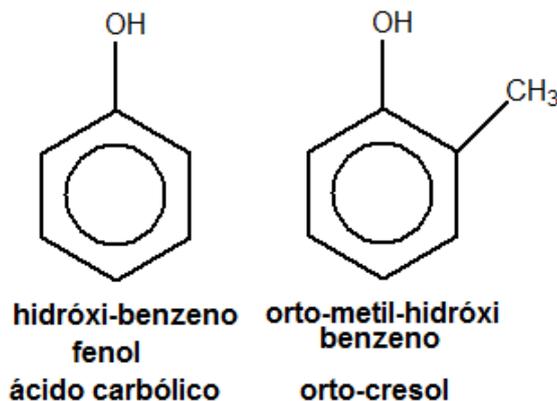


Figura 34: Exemplos de Fenóis

Os termos ácido carbólico e orto-cresol são nomes vulgares.



- **Éteres:** caracterizam-se pelo oxigênio como heteroátomo, ou seja, o grupo funcional –O– ligado a dois radicais orgânicos. Já vimos a nomenclatura dos radicais oxigenados usando o termo oxi.

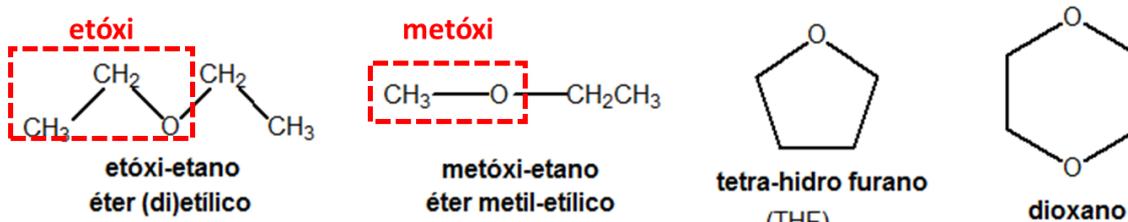


Figura 35: Exemplos de Éteres

- **Aldeídos:** caracterizam-se pelo grupo funcional fórmula  $\left( \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \right)$ . Sua nomenclatura é feita com o sufixo –al.

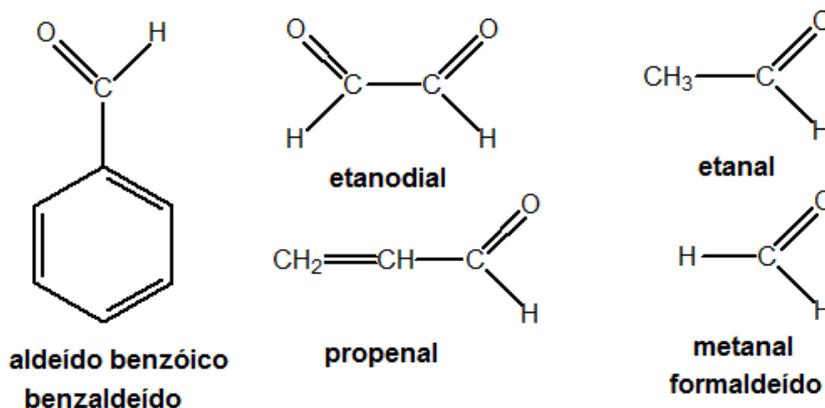


Figura 36: Exemplos de Aldeídos

- **Cetonas:** caracterizam-se pelo grupo funcional  $\left( \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}' \right)$ , em que o grupo –CO– está ligado a dois radicais orgânicos. Sua nomenclatura é feita com o sufixo –ona. Como o grupo funcional não se localiza no final da cadeia, em muitos casos, é necessário numerar.

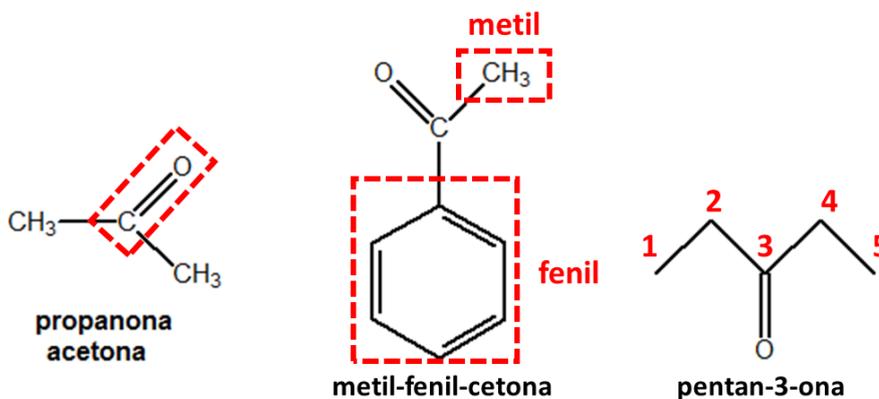
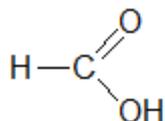
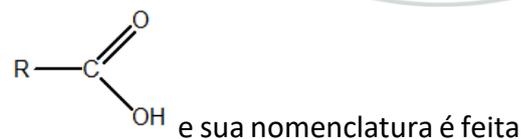


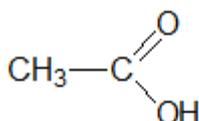
Figura 37: Exemplos de Cetonas



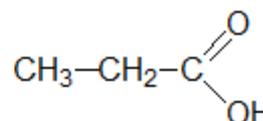
- **Ácidos Carboxílicos:** caracterizam-se pelo grupo funcional usando o sufixo **-óico**.



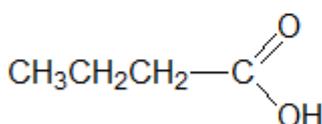
**ácido metanóico**  
**ácido fórmico**



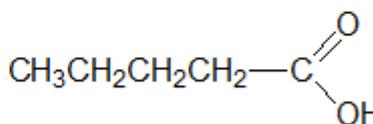
**ácido etanóico**  
**ácido acético**



**ácido propanóico**  
**ácido propiônico**



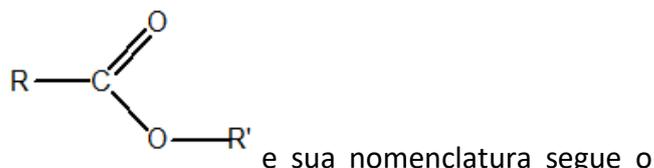
**ácido butanóico**  
**ácido butírico**



**ácido pentanóico**  
**ácido valérico**

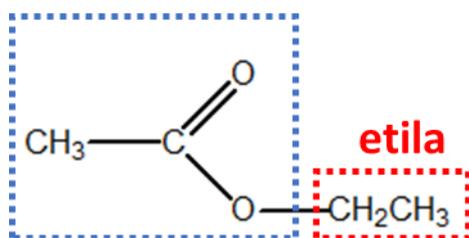
Figura 38: Exemplos de Ácidos Carboxílicos

- **Ésteres:** são formados pelo grupo funcional



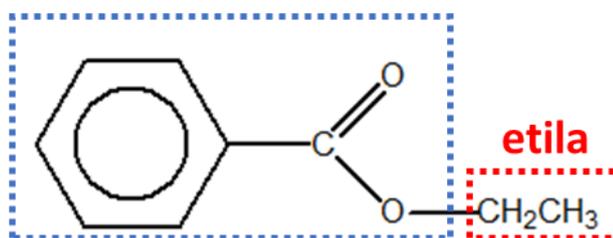
nome do ânion do derivado do ácido -ICO + ATO de nome do radical alquila correspondente à outra parte da molécula.

**etanoato**



**etanoato de etila**

**benzoato**



**benzoato de etila**

Figura 39: Exemplos de Ésteres Orgânicos

### 2.3.3. Funções Nitrogenadas

As funções nitrogenadas incluem.



- **Aminas:** possuem o átomo de nitrogênio ligado a radicais orgânicos. A forma mais simples de nomeá-las é pelos radicais orgânicos diretamente ligados ao nitrogênio.

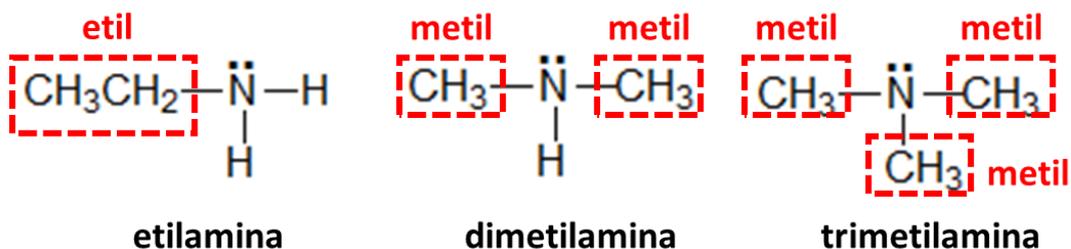
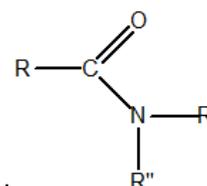


Figura 40: Exemplos de Aminas

- **Amidas:** as principais amidas são formadas pelo grupo funcional



, em que R, R' e R'' são radicais orgânicos.

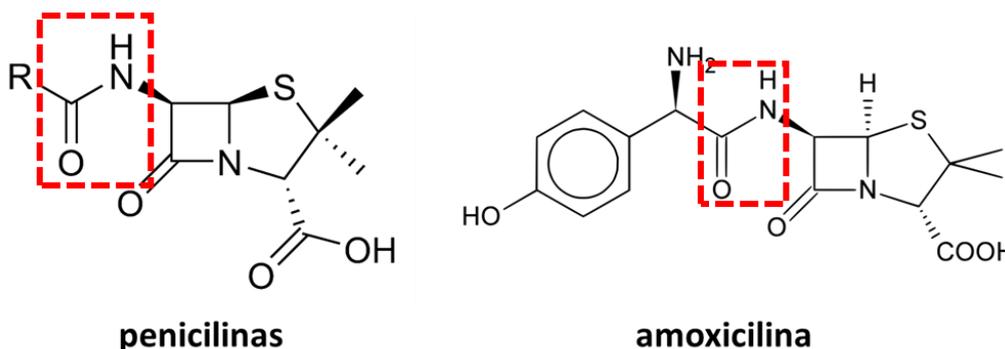


Figura 41: Exemplos de Amidas utilizadas como Antibióticos

- **Nitrilas:** são caracterizadas pelos grupos funcionais

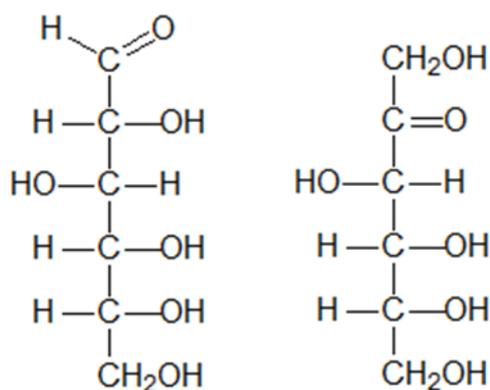


Pronto, agora, que você já conhece os grupos funcionais, fica mais fácil estudarmos as isomerias dos diversos tipos de compostos.

### 3. Isomeria Constitucional

Na Química Orgânica, nem sempre a fórmula molecular é suficiente para determinar uma substância com precisão, tendo em vista que é bastante comum que duas substâncias diferentes apresentem a mesma fórmula molecular. O exemplo mais conhecido disso são as moléculas de glicose e frutose, que apresentam a mesma fórmula molecular (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>).

Embora tenham a mesma fórmula molecular, a glicose e a frutose se diferenciam pela fórmula estrutural plana, que representa o conjunto de ligações que cada átomo realiza.



**glicose**  
146° C

**frutose**  
103° C

Figura 42: Fórmulas Estruturais Planas da Glicose e da Frutose

Observe que as ligações químicas formadas pelos dois últimos carbonos da glicose e da frutose são diferentes. Como consequência, as substâncias são diferentes, portanto, apresentam propriedades físicas e químicas diferentes. Como exemplo, citamos a temperatura de fusão dos dois compostos.

A isomeria é classificada em dois grandes grupos:

- **Isomeria Constitucional ou Plana:** os compostos apresentam fórmulas estruturais planas diferentes;
- **Isomeria Espacial:** os compostos apresentam a mesma fórmula estrutural plana, porém, o arranjo espacial dos átomos é diferente.



ESCLARECENDO!

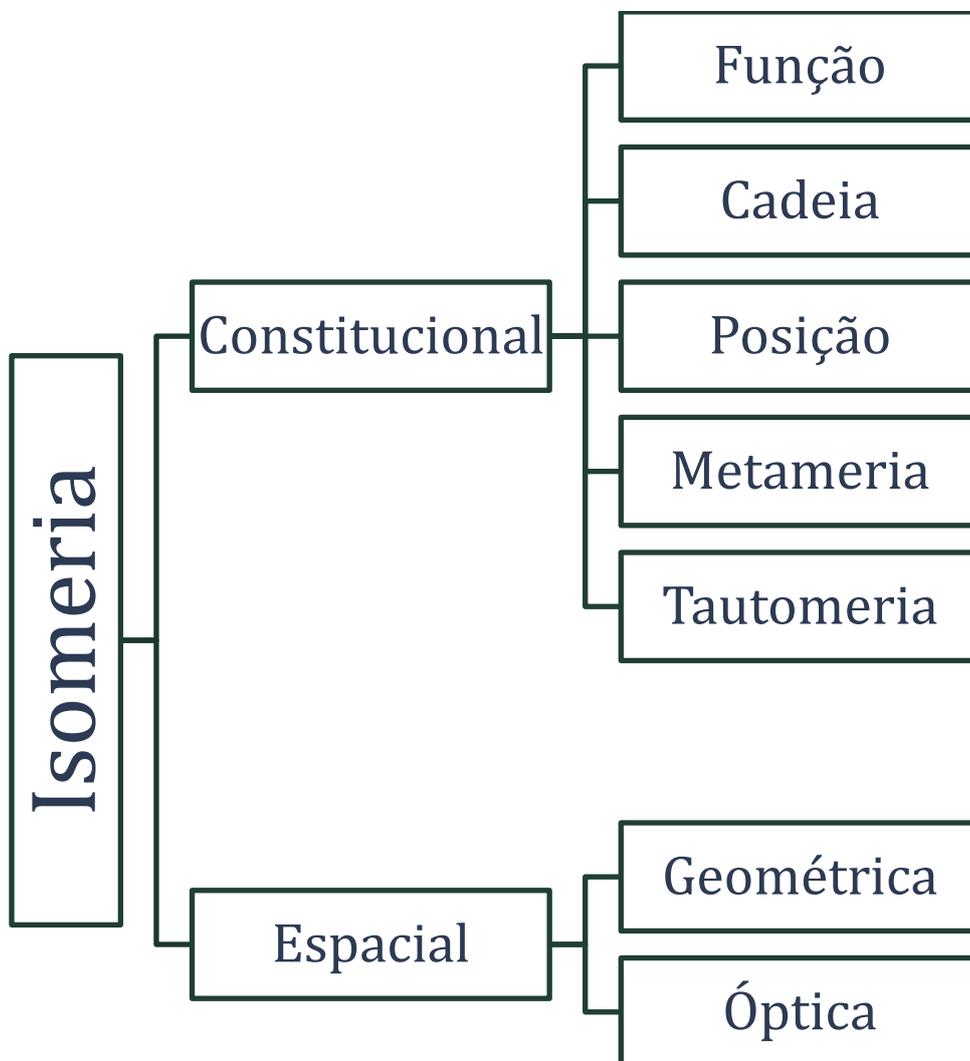


Figura 43: Tipos de Isomeria

Vamos estudar agora os casos de Isomeria Constitucional.

### 3.1. Isomeria de Função

Os compostos pertencem a funções orgânicas diferentes. Vamos conhecer, a seguir os casos mais importantes.

É muito importante conhecer esses casos, porque são muito comuns os casos de questões que exigem que o candidato determine diversos isômeros de uma substância, e esses casos principais são atalhos para esse tipo de questão.

- **Álcool e Éter:** o etanol e o éter dimetílico apresentam a mesma fórmula molecular ( $C_2H_6O$ ).

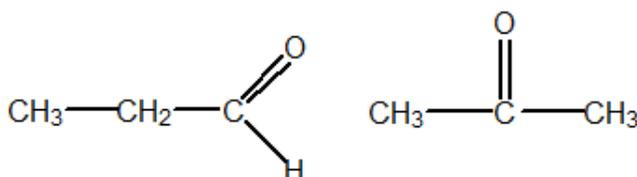




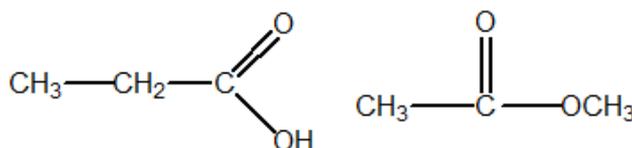
Nesse caso, embora os dois compostos sejam isômeros, o primeiro é polar e prótico, ou seja, forma pontes de hidrogênio; já o segundo não forma pontes de hidrogênio, somente interações do tipo dipolo permanente- dipolo permanente.

Como resultado, as diferenças

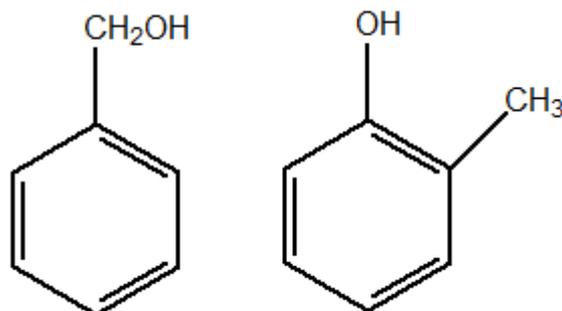
- **Aldeído e Cetona:** o propanal e a propanona também apresentam a mesma fórmula molecular ( $C_3H_6O$ ).



- **Ácidos Carboxílicos e Ésteres:** comparamos o ácido propanóico e o etanoato de metila, cuja fórmula molecular é  $C_3H_6O_2$ .



- **Álcoois Aromáticos e Fenóis:** os fenóis se diferenciam dos álcoois, pois apresentam o grupo  $-OH$  ligado a carbono aromático. Portanto, são isômeros de função dos álcoois.



Porém, é interessante observar também que são possíveis casos de isomeria de função entre compostos diferentes, adicionando uma insaturação.

### 3.1.1. Deficiências de Hidrogênio

O número de átomos de carbono e de outros elementos é facilmente contado numa molécula orgânica, pois esses átomos estão expressos na sua fórmula estrutural. Porém, é um pouco mais difícil contar o número de átomos de hidrogênio, tendo em vista que eles estão frequentemente ocultos ou implícitos.

Porém, em vez de contar o número de átomos de hidrogênio em um composto, podemos contar o número de deficiências de hidrogênio, que são:

- Ciclos;
- Ligações pi (duplas ou triplas).



Cada deficiência de hidrogênio retira dois átomos de hidrogênio. Portanto, duas espécies químicas só podem ser isômeros quando tiverem o mesmo número de deficiências de hidrogênio.

Por exemplo, os álcoois insaturados são isômeros dos aldeídos e cetonas. Considere o propenol e o propanal, que apresenta fórmula molecular  $C_3H_6O$ .

Note que ambos os compostos apresenta uma insaturação. A diferença entre eles é que, no propenol, a insaturação está na cadeia, enquanto que, no propanal, está no grupo funcional.

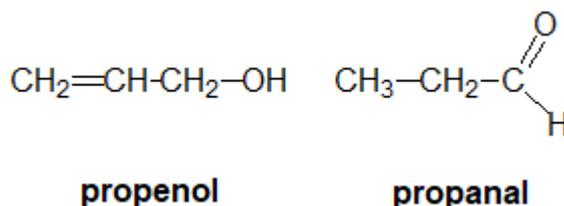


Figura 44: Álcool e Aldeídos Isômeros

Observe que ambos possuem exatamente uma deficiência de hidrogênio. É por isso que são isômeros.

### 3.2. Isomeria de Cadeia

Nesse caso, os compostos apresentam a mesma função orgânica, mas se diferenciam pelas suas cadeias carbônicas, que possuem classificações diferentes.

Um composto de normal é isômero de um composto de cadeia ramificada. Da mesma forma, um composto de cadeia fechada é isômero de um composto de cadeia aberta com uma insaturação a mais.

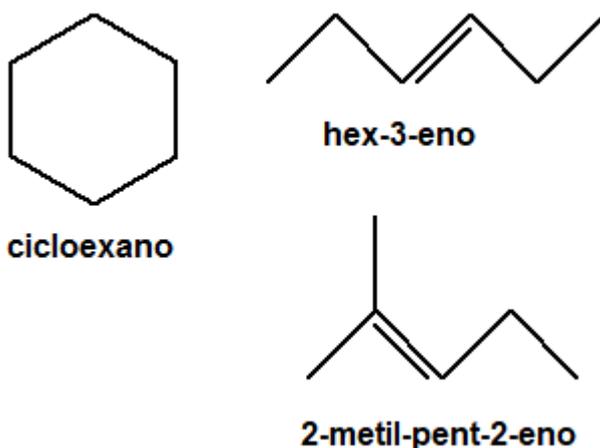


Figura 45: Isômeros de Cadeia

Lembre-se que não podemos nomear 3-hexeno, tendo em vista que essa nomenclatura está ultrapassada e não é mais aceita pela IUPAC.

Outro ponto é que podemos também entender a isomeria de cadeia com base no conceito de deficiências de hidrogênio. O ciclohexano possui um ciclo, que é uma deficiência de hidrogênio. Já os alcenos hex-3-eno e 2-metil-pent-2-eno também apresentam uma ligação dupla, que é uma deficiência.



### 3.3. Isomeria de Posição

Nesse caso, os compostos possuem cadeia de mesma classificação, porém, se diferenciam pela posição ocupada por uma insaturação, um radical ou do grupo funcional.

Na nomenclatura, podemos visualizar que a diferença se dá apenas pela numeração da posição em que se localiza a insaturação ou grupo funcional.

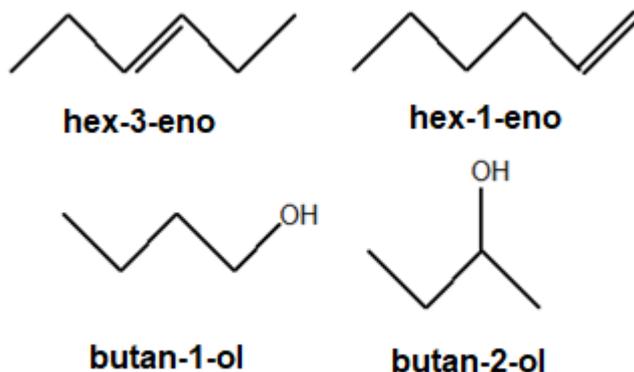


Figura 46: Exemplos de Isômeros de Posição

### 3.4. Isomeria de Compensação (Metameria)

Os isômeros de compensação se diferenciam pela posição do heteroátomo. Pode ser considerada uma categoria específica de isômeros de posição. É comum em éteres e aminas.

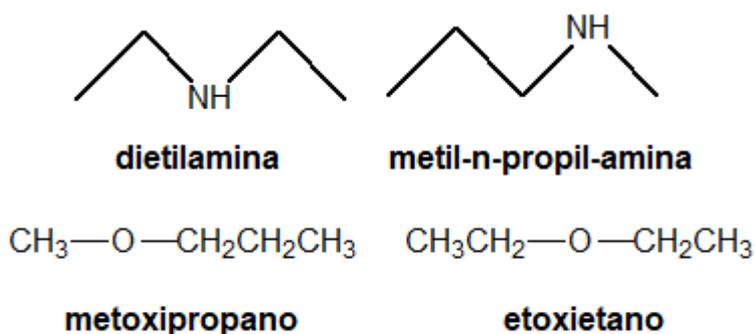
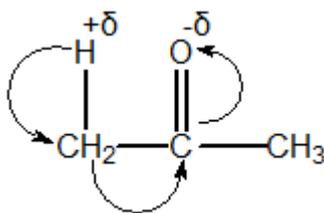


Figura 47: Exemplos de Metameria

### 3.5. Tautomeria

Os isômeros estão em equilíbrio, sendo impossível separá-los.

O caso mais conhecido de tautomeria está relacionado à **acidez do hidrogênio alfa** de grupos altamente eletronegativos, como aldeídos, cetonas e nitrocompostos. Por hidrogênio alfa, entendemos o hidrogênio ligado ao carbono vizinho ao grupo funcional.

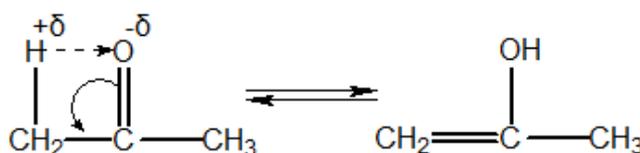


**Figura 48: Distribuição de Cargas numa molécula de Cetona**

É importante destacar que o caráter ácido do hidrogênio alfa é muito sutil.

O esquema ilustrado na Figura 48 induz a apenas uma pequena distribuição de carga positiva nesse hidrogênio. Essa carga é superior ao que acontece em moléculas comuns, como  $\text{CH}_4$ , porém não é suficiente para que esse hidrogênio se ionize em água.

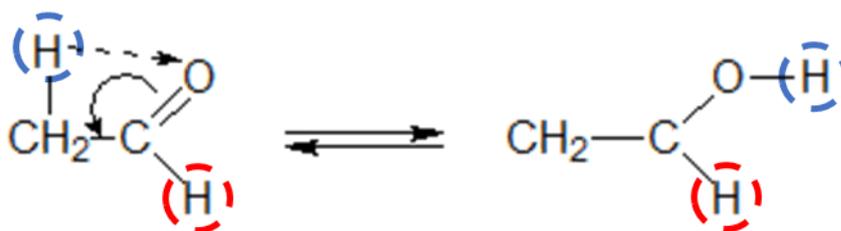
Apesar de o hidrogênio alfa não ser ionizável, ele vai buscar elétrons no oxigênio do grupo carbonila. Porém, para que ele efetivamente se ligue ao oxigênio, é necessário que a ligação pi se desloque, como mostrado na Figura 49.



**Figura 49: Conversão de Cetona em Enol**

É muito importante perceber que o efeito em destaque requer a existência de um hidrogênio alfa. No caso dos aldeídos, existe um hidrogênio presente no próprio grupo funcional, porém, ele não participa da tautomeria.

**envolve-se na tautomeria**

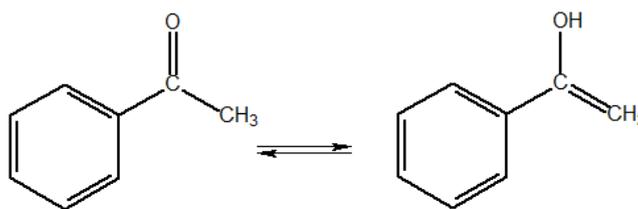


**não se envolve na tautomeria**

*Figura 50: Conversão de Aldeído em Enol*

Na maioria dos casos, como os apresentados na Figura 49 e na Figura 50 o enol corresponde a uma fração muito pequena do equilíbrio, cerca de 2% a 3%.

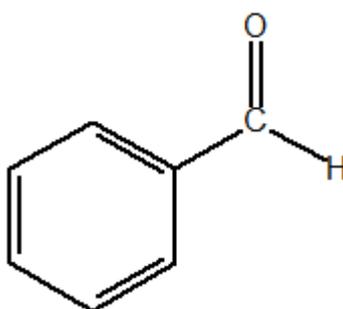
Podemos destacar um caso em que o teor enólico é significativamente mais alto: as cetonas aromáticas.



**Figura 51: Tautomeria em Cetonas Aromáticas**

No caso de cetonas aromáticas, a dupla ligação que caracteriza o enol está em **ressonância** com o anel aromático, o que confere maior estabilidade ao enol formado.

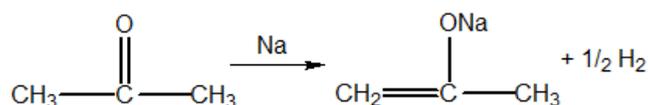
Por outro lado, é importante observar que, se não houver hidrogênio alfa ao grupo carbonila, não há a possibilidade de tautomeria. É o que acontece, por exemplo, com o aldeído benzoico.



**Figura 52: Aldeído Benzoico**

Como o aldeído benzoico não apresenta nenhum hidrogênio alfa ao grupo aldeído, não há a possibilidade de formas tautoméricas.

Uma das maiores evidências da ocorrência de tautomeria é a propriedade de que aldeídos e cetonas podem reagir com sódio metálico, formando enolatos de sódio.



**Figura 53: Reação da Propanona com Sódio Metálico**



A tautomeria depende de um processo com uma energia de ativação considerável, pois requer uma migração de um átomo de hidrogênio numa molécula, o que implica em quebras de ligações.

Por isso, **a tautomeria somente ocorre no estado líquido ou em solução aquosa.**

Uma amostra de aldeído ou cetona sólida não verificam a formação do enol correspondente. No sólido, as moléculas estão pouco agitadas, portanto, não possuem a energia suficiente para iniciar a tautomerização.



## 4. Isomeria Espacial

Na Isomeria Espacial, os dois compostos apresentam a mesma fórmula estrutural plana. Eles se diferenciam apenas no arranjo espacial entre os átomos.

São duas classificações importantes que precisamos saber:

- **Enantiômeros:** um composto é a imagem do outro no espelho, mas os dois não se superpõem;
- **Diastereoisômeros:** são isômeros espaciais, possuem a mesma fórmula estrutural plana, mas não são um a imagem do outro no espelho.

É importante não confundir esses dois conceitos com os tipos de isomeria espacial, que são geométrica e óptica.

### 4.1. Confôrmeros

É muito importante diferenciar os isômeros dos confôrmeros. Vejamos as definições:

- **Isômeros:** são compostos distintos, com propriedades físicas e químicas diferentes;
- **Confôrmeros:** são representações espaciais diferentes de um mesmo composto.

Considere uma ligação simples carbono-carbono, como a presente no 1,2-difluor, 1,2-dicloroetano.

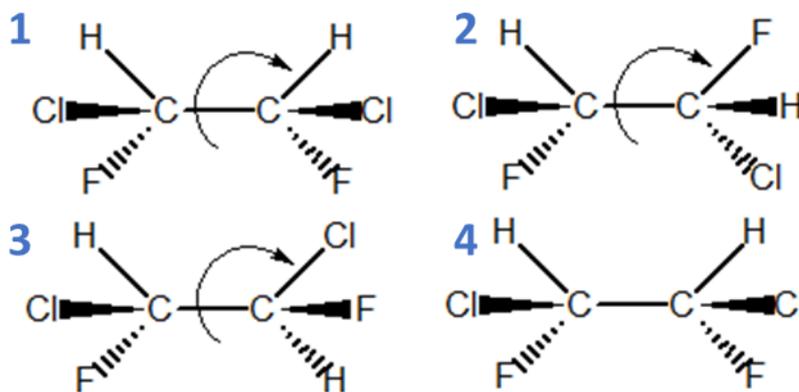


Figura 54: A rotação é livre em torno de ligações simples

Como essa ligação possui apenas um eixo, a rotação é livre em torno dela, portanto, a molécula pode assumir muitas disposições espaciais diferentes com relativa facilidade.

Todas as moléculas da Figura 54 são apenas **conformações diferentes de um mesmo composto**.

Isso significa que não é possível ter um béquer exclusivamente com moléculas na conformação 1, por exemplo.

Suponha que, em um determinado momento, fôssemos capazes de extrair todas as moléculas na conformação 1 de um recipiente armazenando o composto e o guardássemos em outro recipiente hermeticamente fechado. Nessa situação hipotética, o que aconteceria é que, rapidamente, as moléculas na conformação 1 se converteriam nas demais conformações, até que todas elas estivessem presentes na amostra.



Isso acontece, porque a **energia de ativação** necessária para a conversão de uma conformação nas demais é **muito pequena**. Sendo assim, nas condições ambientes, a própria energia de agitação térmica das partículas é suficiente para vencê-la. Com isso, não somos capazes de impedir que elas reajam.

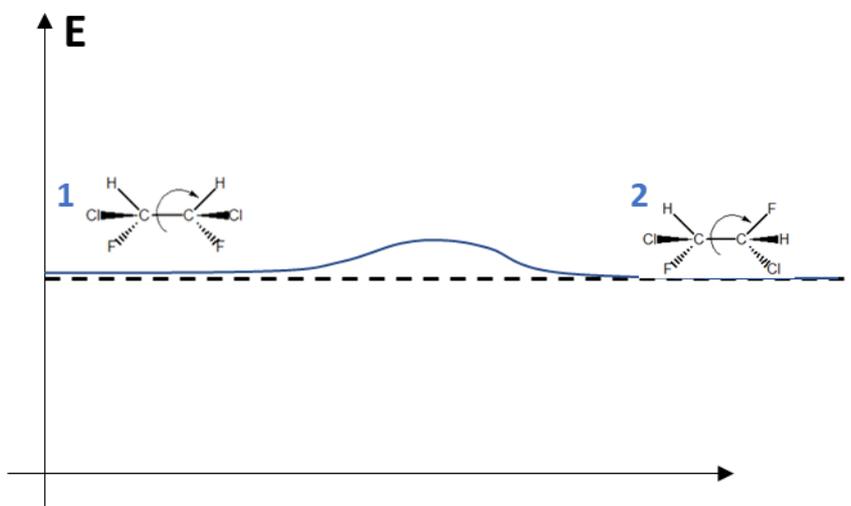


Figura 55: Diagrama de Energia referente à Conversão entre dois Confôrmeros diferentes

A Figura 55 mostra o diagrama de energia referente à conversão entre dois confôrmeros. Note que a energia de ativação envolvida é muito pequena.

Além disso, existe uma mínima diferença de energia, que pode ser explicada devido ao impedimento estérico entre os átomos de cloro.

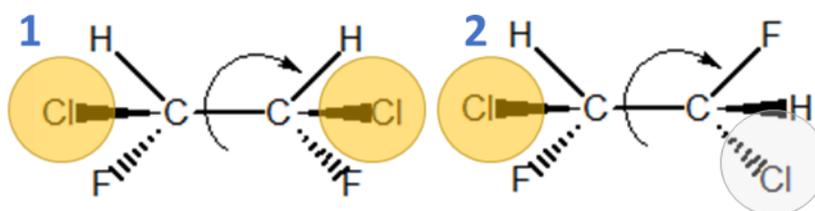


Figura 56: Visualização do Impedimento Estérico entre os átomos de cloro

Na conformação 1, os átomos de cloro estão ambos para fora do plano do papel. Na conformação 2, um está para fora do plano do papel e outro está para dentro.

Por isso, na conformação 1, os dois átomos mais volumosos estão mais próximos, logo existe uma pequena repulsão entre as suas eletrosferas. Essa repulsão é atenuada na conformação 2.

## 5.2. Isomeria Geométrica

Embora a rotação em torno da ligação simples seja fácil, quando o composto apresenta uma ligação dupla ou um ciclo, a situação fica diferente. Analisemos uma ligação pi.

Na ligação pi, a probabilidade de encontrar o elétron é máxima em um eixo perpendicular ao eixo que une os átomos. Isso significa que podemos representá-la por um par de lóbulos paralelos (em amarelo na Figura 57).

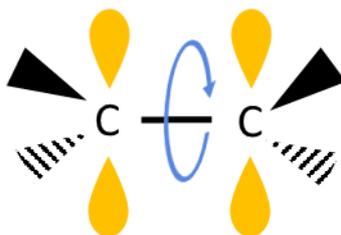


Figura 57: Rotação em torno da Ligação Dupla

A rotação em torno da ligação dupla é até possível, porém, requer quebrar a ligação pi. Ao rotacionar o carbono da direita, o lóbulo da ligação pi também rotaciona, portanto, a ligação é quebrada.

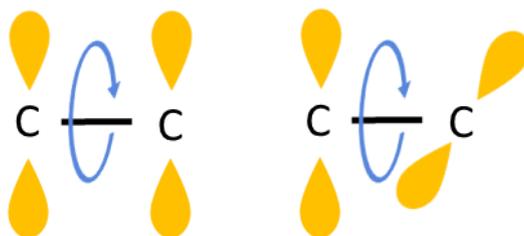


Figura 58: Ligação Pi Quebrada após a rotação

Dizemos que a ligação pi foi quebrada, porque os lóbulos não estão mais paralelos, como requer a formação desse tipo de ligação.

Agora, considere um par de moléculas que se diferencia exatamente pelo arranjo espacial dos átomos em torno da ligação dupla.

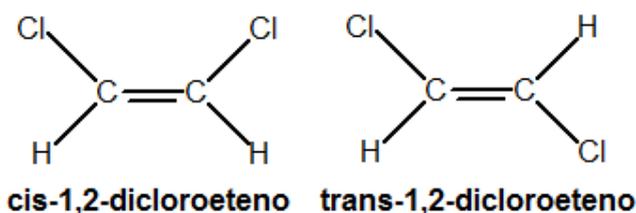


Figura 59: Isômeros Geométricos do 1,2-dicloroeteno

Assim como o que acontece na Figura 55, os isômeros geométricos do 1,2-dicloroeteno podem se transformar um no outro por uma simples rotação em torno da ligação dupla. Porém, o que diferencia os dois casos é a **energia de ativação necessária**.

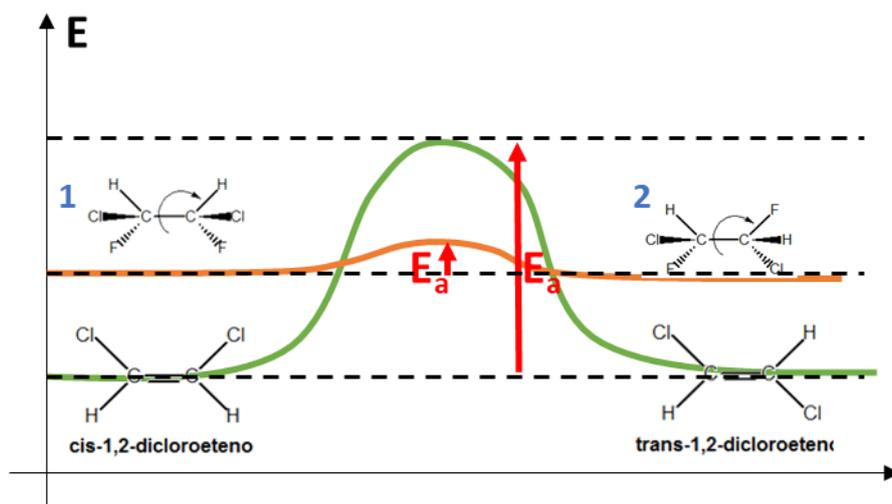


Figura 60: Comparação entre a Energia de Ativação Necessária para a conversão entre dois isômeros e a necessária para a conversão entre dois conformêros

A energia de ativação necessária para a transformação do isômero **cis** no isômero **trans** é muito mais alta, porque requer a quebra da ligação pi.

Essa diferença de energia de ativação é crucial, porque ela faz que, à temperatura ambiente, as moléculas não possuam energia suficiente para vencer essa barreira e se converter uma na outra. Por isso, é possível isolar os dois compostos.

Ao contrário do que acontece nas conformações 1 e 2 do 1,2-dicloro, 1,2-difluor etano, é possível sim ter um béquer somente com moléculas **cis** e um béquer somente com moléculas **trans**. Elas não se converterão uma na outra, porque

Note que o par de isômeros ilustrado é um par de **diastereoisômeros**, dado que eles não são a imagem um do outro no espelho.

Além disso, observe que há diferenças substanciais entre os compostos ilustrados na Figura 59. O isômero **cis** é polar, enquanto o isômero **trans** é apolar. Por isso, eles apresentam propriedades físicas diferentes, como é retratado na Tabela 8.

Tabela 8: Diferenças de Propriedades entre os isômeros do 1,2-dicloroeteno

	Cis	Trans
<b>Fórmula Molecular</b>	$C_2H_2Cl_2$	$C_2H_2Cl_2$
<b>Massa Molar</b>	96,95 g/mol	96,95 g/mol
<b>Polaridade</b>	Polar (1,90D)	Apolar (0,0D)
<b>Densidade</b>	1,28 g/cm <sup>3</sup>	1,26 g/cm <sup>3</sup>
<b>Temperatura de Ebulição</b>	60,3°C	47,5°C

O isômero polar tem a possibilidade de formar interações dipolo-permanente, que são mais intensas que as interações do isômero apolar.



ESTA É  
DIFÍCIL!



Um caso interessante que podemos citar é o dos ácidos fumárico e maléico, que também são isômeros geométricos do ácido butenodióico.

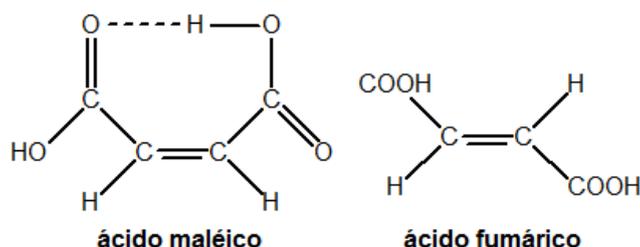


Figura 61: Ácidos Fumárico e Maléico

Como ilustrado na Figura 61, apesar de o ácido maléico ser polar, nessa molécula, existe a possibilidade de formação de **pontes de hidrogênio intramoleculares** (no interior da própria molécula). Essas interações **não contribuem para o aumento da temperatura de ebulição**.

No caso do ácido fumárico, todos os hidrogênios farão necessariamente pontes de hidrogênio intermoleculares (entre moléculas vizinhas).

Sendo assim, todas as pontes de hidrogênio formadas no ácido maléico contribuirão para o aumento da temperatura de ebulição. Por outro lado, no caso do ácido fumárico, várias delas serão perdidas formando interações no interior da própria molécula.

Esse fato explica as diferenças de propriedades físicas entre esses compostos.

Tabela 9: Diferenças de Propriedades entre os isômeros do 1,2-dicloroetano

	Maléico (cis)	Fumárico (trans)
<b>Polaridade</b>	Polar	Apolar
<b>Temperatura de Ebulição</b>	135°C	287°C
<b>Solubilidade em Água</b>	78 g/100 mL	Praticamente insolúvel

É interessante observar que, no caso da solubilidade em água, esses compostos se comportam exatamente como esperado pela regra da polaridade.

Isso se deve ao fato de que **um solvente quebra as interações intermoleculares do soluto**. Sendo assim, tanto o ácido fumárico como o maléico só formam pontes de hidrogênio com a água, quando dissolvidos.

Por isso, a interação intramolecular que originou a diferença de temperaturas de ebulição não existe mais. E, nesse caso, a diferença de polaridade faz que o ácido maléico interaja mais intensamente com a água e, portanto, seja mais solúvel.

Já o ácido fumárico, por ser apolar, não interage com a água, portanto, é insolúvel.



### 4.2.1. Nomenclatura de Isômeros Geométricos

Na seção anterior, utilizamos o sistema cis-trans, que é um sistema usual de nomenclatura. Porém, você deve conhecer e utilizar o sistema de nomenclatura oficial da IUPAC, que é o sistema E-Z.

Em primeiro lugar, precisamos definir os grupos de maior prioridade ligados a cada átomo de carbono.

A prioridade de um grupo é **definida pela massa do átomo diretamente ligado ao carbono**. Não confunda com a massa do grupo inteiro.

Por exemplo, no caso de um grupo ligante  $-(CH_2)_6COOH$ , a prioridade é dada pela massa do carbono, que é 12. Sendo assim, esse grupo tem menor prioridade que o grupo  $-Cl$ , já que o cloro possui massa 35,5. Pode-se dizer também que o elemento cloro tem maior prioridade que o carbono, porque a sua massa é maior.

No caso de o átomo

Definidos os grupos de maior prioridade, utiliza-se o prefixo:

- **Z** (*zusammen* ou *juntos*) ou **cis**: quando os grupos de maior prioridade estiverem do mesmo lado da ligação pi;
- **E** (*entgegen* ou *opostos*) ou **trans**: quando os grupos de maior prioridade estiverem de lados opostos da ligação pi.

Para fixar esse conceito, vamos analisar alguns exemplos.

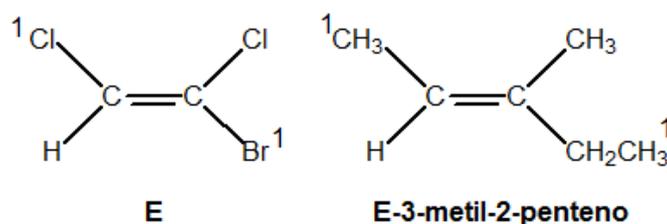


Figura 62: Nomenclatura E-Z

No caso do E-3-metil-2-penteno, tem-se um empate entre os grupos metil e etil ligados ao carbono da direita, pois ambos têm um carbono diretamente ligado.

Nesse caso, procede-se o desempate pelos grupos ligados a esse carbono. No caso do etil, o segundo átomo ligado é um carbono contra um hidrogênio no caso do metil. Por isso, o grupo etil tem maior prioridade.



.....

Não se esqueça de que a prioridade é definida pelo **átomo diretamente ligado ao carbono**, não pela massa total do grupo. Por exemplo:

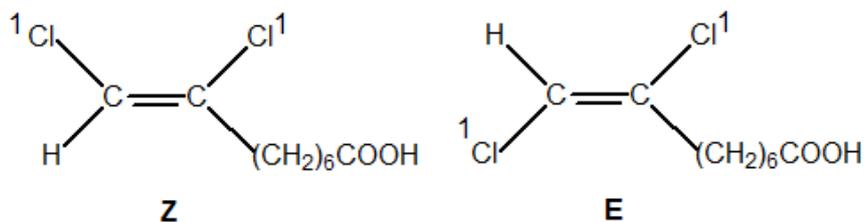


Figura 63: Nomenclatura E-Z (II)

Nos composto da Figura 64, o cloro possui maior massa que o carbono, portanto, a sua prioridade do que o carbono. Por isso, assinalamos **1** a esse elemento.

### 4.2.2. Isomeria Geométrica em Ciclos

De forma semelhante ao que acontece em torno de uma ligação dupla, quando um composto apresenta uma cadeia cíclica, não é possível a rotação em torno da C – C sem quebrar o ciclo.

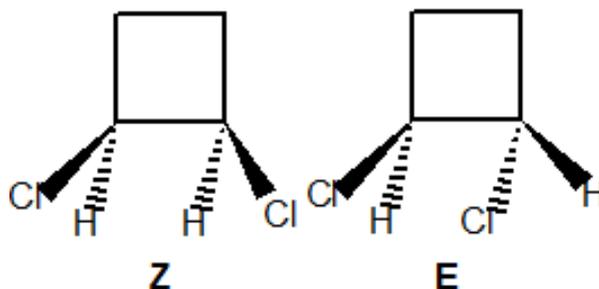


Figura 64: Isomeria Geométrica em Ciclos

Sendo assim, a energia de ativação necessária na conversão entre as duas formas mostradas na Figura 64 é muito alta, de modo que os dois compostos podem ser isolados.

Assim como no caso da isomeria em torno de ligações duplas, tem-se um isômero **Z** (ou cis) e um isômero **E** (ou trans).

Gostaria de destacar que o meu entendimento é divergente do que é apresentado pela maioria dos livros de Ensino Médio. Na minha visão, o caso de isomeria apresentado na Figura 64 é mais bem enquadrado como isomeria óptica. Por esse motivo, estudaremos bem mais detalhadamente a isomeria espacial em ciclos na próxima seção.

Em todo caso, você precisa saber que estamos tratando de diastereoisômeros. E que **todos os casos de isomeria geométrica são diastereoisômeros.**

## 5. Isomeria Óptica

Antes de estudar propriamente a Isomeria Óptica, precisamos aprender alguns conceitos sobre a direção de propagação da luz.



## 5.1. Conceitos sobre a Direção de Propagação da Luz

A luz natural é conhecida como **luz difusa**, porque ela se propaga em todas as direções. É genericamente representada por.

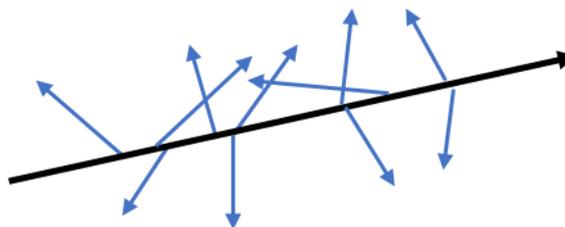
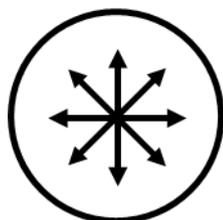


Figura 65: Luz Difusa

Por exemplo, quando você chega em casa e liga a luz da sala, todo o ambiente é iluminado, não somente uma parte dele. Se a luz da sala não fosse difusa, somente uma direção seria iluminada.

Vale ressaltar que, em praticamente todas as aplicações do dia-a-dia em que lidamos com a luz, ela é difusa. Por isso, pode ser até um pouco difícil entender o conceito de luz polarizada.

A luz polarizada é aquela que se propaga em uma única direção. Mas, cuidado, pois a luz polarizada se propaga nos dois sentidos, devido ao Princípio da Reversibilidade da Luz.

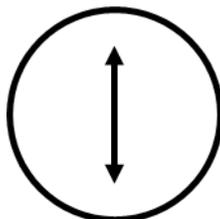


Figura 66: Representação da Luz Polarizada

A luz polarizada pode ser produzida passando a luz difusa por um **polarizador**. Alguns exemplos de polarizadores são cristais de carbonato de cálcio, como o prisma de nicol.

O prisma de nicol é formado por duas peças de calcite, também conhecida como espato da Islândia, ligadas entre si por uma camada de bálsamo do Canadá transparente. O prisma é talhado para formar ângulos de  $68^\circ$ .

O Prisma de Nicol tem a propriedade de produzir reflexão total para a luz incidente na maior parte dos ângulos, somente permitindo a passagem do feixe que passa rente a ele. Na Física, esse feixe é conhecido como extraordinário.

O Prisma de Nicol tem a propriedade de produzir reflexão total para a luz incidente na maior parte dos ângulos, somente permitindo a passagem do feixe que passa rente a ele. Na Física, esse feixe é conhecido como extraordinário.

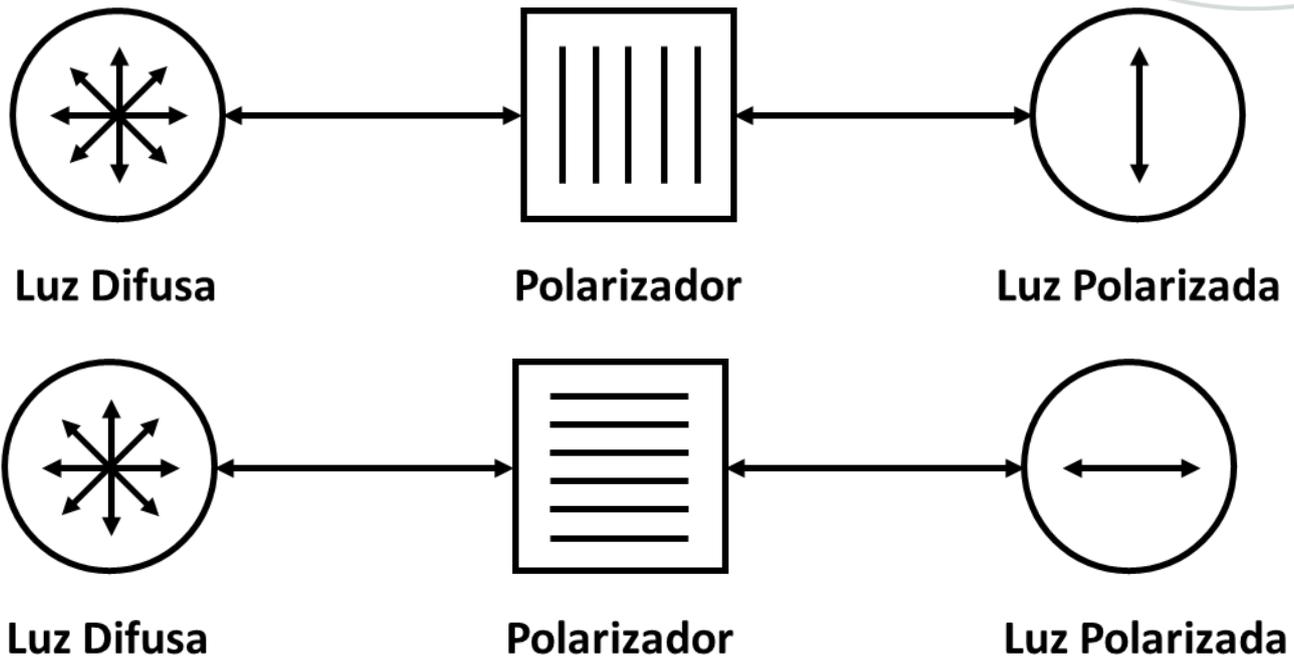


Figura 67: Polarização da Luz Difusa

A Figura 67 mostra que o polarizador permite a passagem da luz em uma única direção. Em laboratório, para verificar se a luz realmente foi polarizada com sucesso é acoplar um segundo polarizador em direção perpendicular ao primeiro. Se a luz for completamente bloqueada, as duas polarizações foram bem-sucedidas.

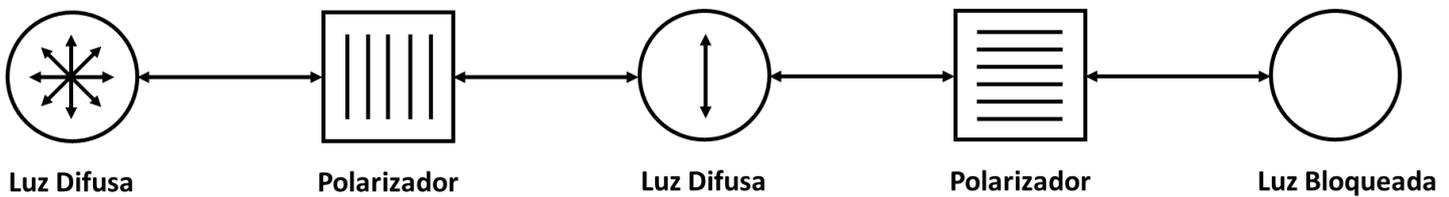


Figura 68: Luz Bloqueada pela Presença de Dois Filtros

É interessante observar que o polarizador funciona como um filtro, não sendo capaz de alterar a direção da luz. Ele apenas seleciona os feixes de luz que estão em uma direção específica, permitindo que eles o atravessem, e reflete todos os demais feixes.

Uma ilustração desse fenômeno está na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, em que são ilustrados dois filtros perpendiculares: um em azul e outro em verde. Quando superpostos, os filtros em conjunto não permitem a passagem de luz.

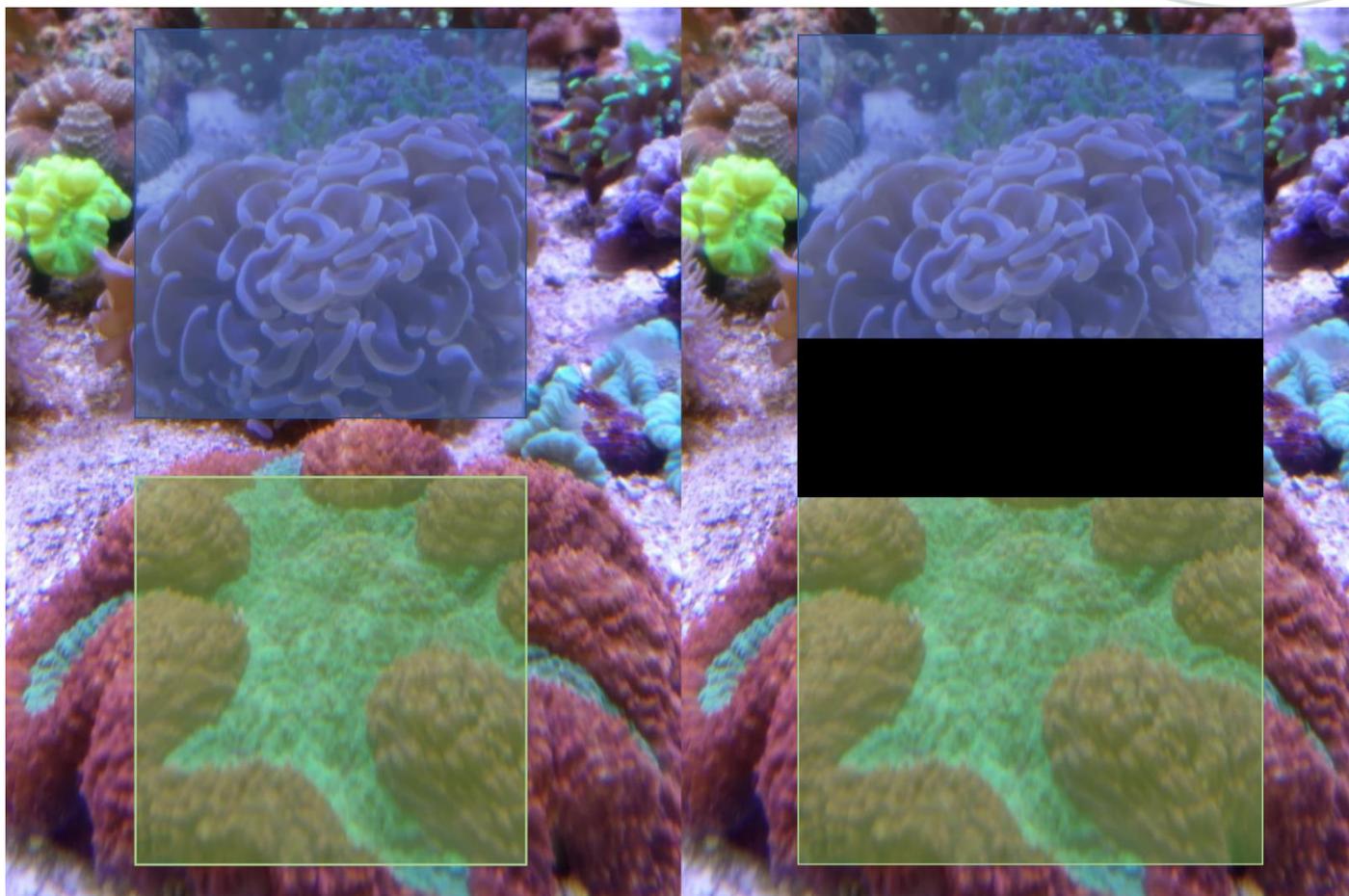


Figura 69: Ilustração da Polarização da Luz

Na Química, em especial na Orgânica, existem **substâncias opticamente ativas**, que são substâncias capazes de desviar um feixe de luz polarizada.

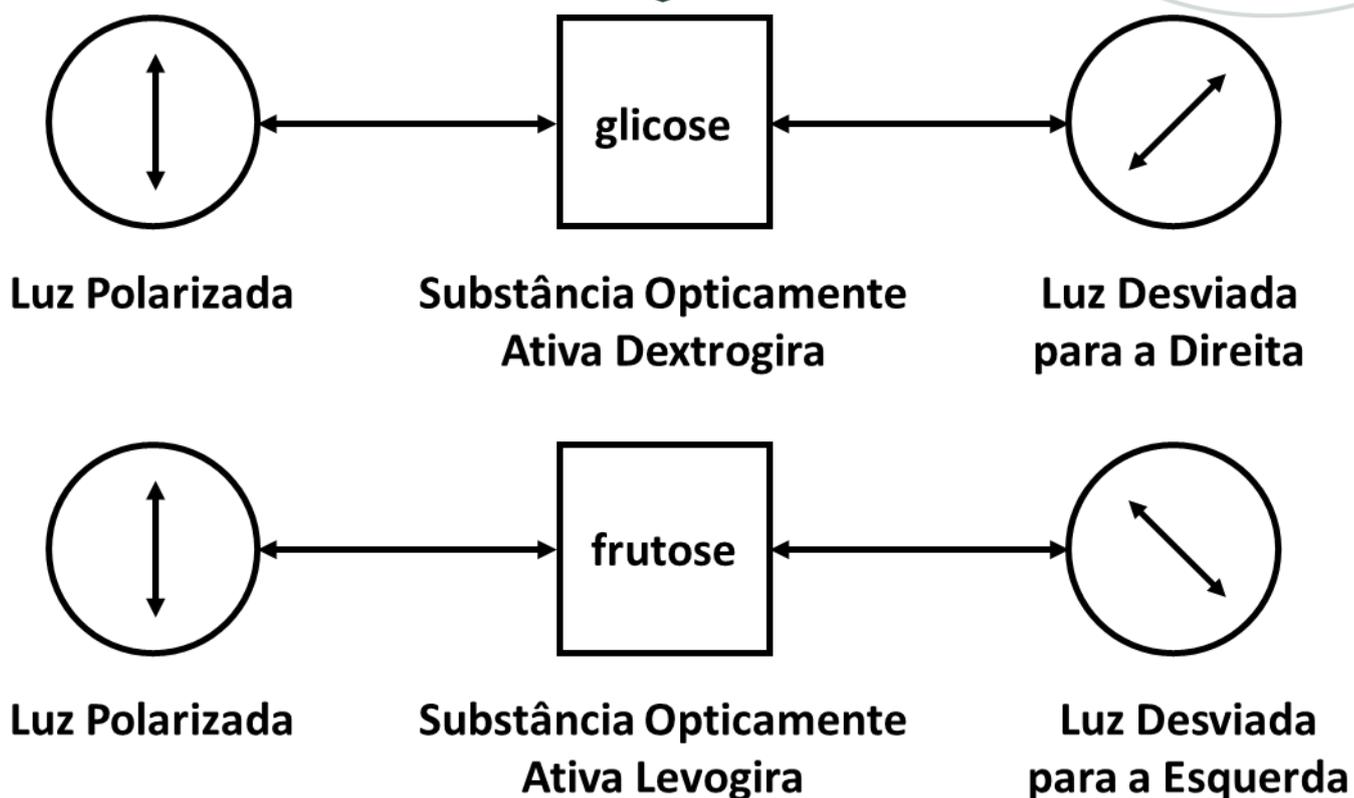


Figura 70: Efeito das Substâncias Opticamente Ativas sobre o feixe de luz polarizada

As substâncias opticamente ativas são classificadas em:

- **Dextróginas (d ou +):** desvia o plano da luz polarizada para a direita.
- **Levóginas (l ou -):** desvia o plano da luz polarizada para a esquerda.

## 5.2. História da Isomeria Óptica

Essa seção foi posta por curiosidade. Porém, não custa lembrar que a prova do ITA frequentemente traz questões sobre a história da Química. Por isso, é interessante que você já tenha lido algo a respeito dos cientistas envolvidos nos primeiros estudos da Isomeria Óptica.

A luz polarizada foi observada pela primeira vez em 1808 pelos físicos Malus e Huygens. Eles notaram que, quando um feixe de luz atravessava um cristal de espato da Islândia, a luz se tornava polarizada.

O espato da Islândia é um polarizador, isto é, uma substância que só permite a passagem da luz em uma única direção.

Atualmente, a luz polarizada possui um conjunto de aplicações específicas em diversos dispositivos. Os óculos solares e películas de insulfim bloqueiam certas polarizações da luz.

Por outro lado, os monitores LCD e telas de celulares portáteis, por exemplo, se baseiam em polarização para filtrar as cores a serem exibidas. Por conta disso, caso seja colocado outro polarizador diante de um monitor LCD ou celular, como os óculos solares, pode haver queda de qualidade na imagem ou, até mesmo, o bloqueio total.

Em 1812, Jean-Baptist Biot observou que o feixe de luz polarizada era rotacionado (ou desviado) por alguns cristais. Ao aprofundar seus estudos, Biot descobriu que o fenômeno do desvio do feixe de luz



polarizada se mantinha mesmo em soluções aquosas de algumas substâncias orgânicas. Isso indicava que se tratava de uma propriedade inerente à molécula.

Mas a explicação só veio em 1846 por Louis Pasteur. Pasteur observava que, durante a produção de vinho, havia dois ácidos produzidos no processo de fermentação da uva: o ácido tartárico e o ácido racêmico.

Os dois ácidos possuíam a mesma fórmula molecular e as mesmas propriedades físicas, porém, apresentavam um comportamento diferente, quando submetidos ao feixe de luz polarizada.

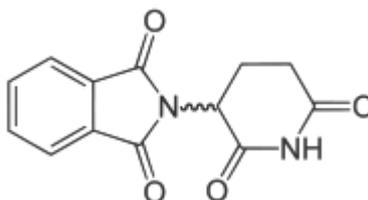
O ácido tartárico era **opticamente ativo**, isto é, ele desviava o feixe de luz polarizada (no caso, para a direita). Já o ácido racêmico era opticamente inativo.

Pasteur resolveu cristalizar cuidadosamente o ácido racêmico e descobriu que esse ácido formava dois tipos de cristais muito parecidos, mas que um era a imagem do outro no espelho. Ele separou, **por catação**, os cristais e os dissolveu novamente em água.

Após examinar as duas soluções obtidas, Pasteur descobriu que, na verdade, o ácido racêmico não era puro. Uma das soluções resultantes era exatamente como a solução do ácido tartárico e desviava o feixe de luz polarizada para a direita. Já a outra desviava o feixe de luz polarizada para a esquerda, no mesmo ângulo.

Pasteur, então, concluiu que o ácido racêmico era formado por uma mistura de moléculas. Uma delas era o próprio ácido tartárico e a outra era a sua imagem no espelho, que apresentava as mesmas propriedades físicas, mas desviava o feixe de luz polarizada para a esquerda.

A primeira grande aplicação do conceito de Isomeria Óptica em Síntese Orgânica veio com a descoberta da talidomida.



A talidomida foi inicialmente utilizada como um medicamento sedativo, anti-inflamatório e hipnótico. Tempos depois, descobriu-se que ela possuía efeitos teratogênicos, promovendo a má formação de fetos.

No Brasil, a Lei nº 10.651/2003 chegou a exigir que o rótulo e a embalagem de medicamentos a base de talidomida contivessem a indicação de que não deveriam ser utilizados por mulheres grávidas ou que pudessem engravidar.

Tempos depois, descobriu-se que o isômero levógiro da talidomida era responsável pela má formação de fetos, enquanto que o isômero dextrógiro era responsável pelas propriedades sedativas.

Até hoje, a talidomida é utilizada em doenças, com o lúpus, AIDS e na diminuição de risco de rejeição em transplantes de medula e artrite reumatóide.

### 5.3. Condições para a Atividade Óptica

Uma molécula é opticamente ativa quando é **assimétrica**. Ou seja, quando ela é diferente da sua imagem no espelho. Toda molécula assimétrica admite um **enantiômero**, que é a sua imagem no espelho.



Em um par de enantiômeros, os dois compostos sempre desviam o plano da luz polarizada no mesmo ângulo, porém, em sentidos diferentes. Sendo assim, um deles é dextrogiro e o outro é levogiro.

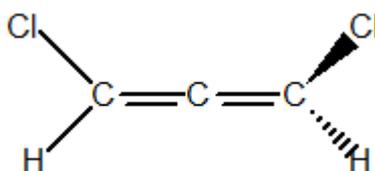
Uma **mistura racêmica** é uma mistura equimolar, ou seja, na proporção 1 mol: 1 mol de um par de enantiômeros. Esse tipo de mistura é **ópticamente inativa**.

A existência de um **plano de simetria** na molécula é uma garantia suficiente para que a molécula não seja assimétrica. Portanto, sempre que for possível identificar um plano de simetria, tem-se uma substância ópticamente inativa. Essa é uma técnica bastante comum para identificar moléculas assimétricas ou ópticamente inativas, que será explorada mais adiante.

O caso mais comum de isomeria óptica é o que envolve **carbonos quirais**, que será mais detalhado adiante.

Antes disso, vamos comentar sobre um caso muito interessante: o 1,3-dicloro-aleno (propadieno), que é um composto ópticamente ativo, mas que não apresenta compostos quirais.

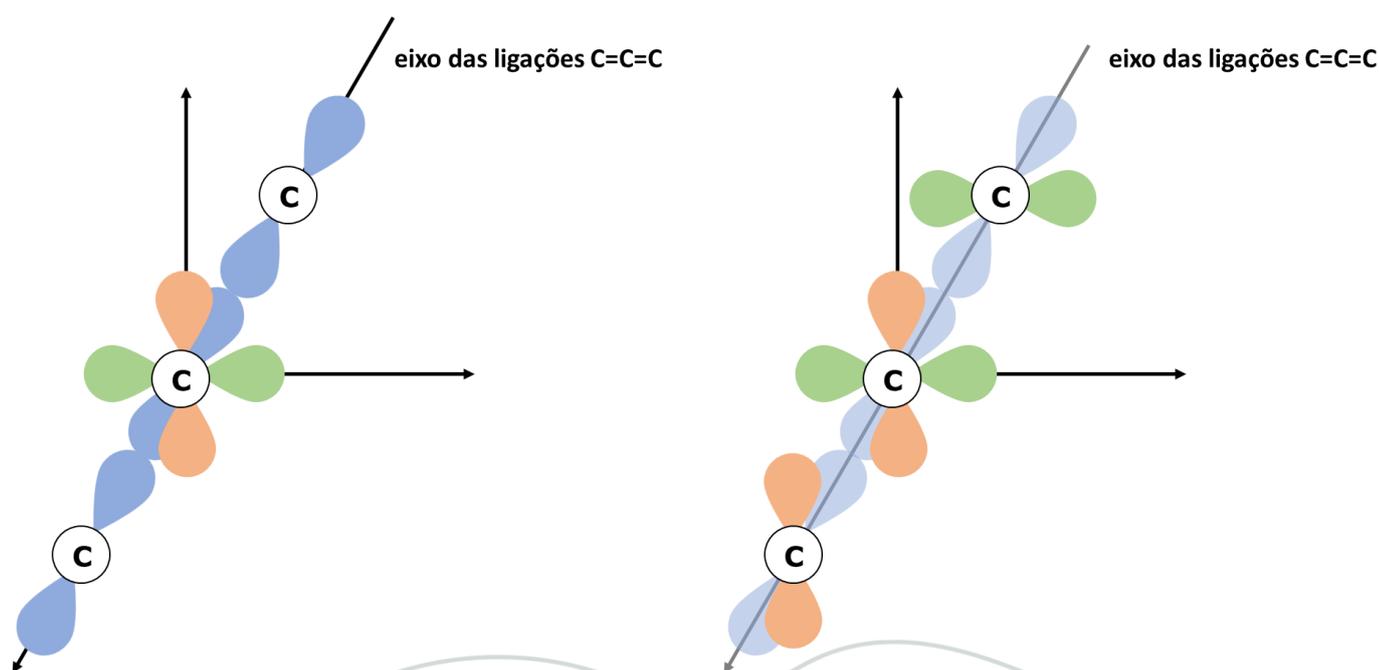
Para entender esse caso, em primeiro lugar, precisamos entender por que essa molécula não é plana. Em vez disso, o 1,3-dicloro-aleno apresenta a seguinte fórmula espacial.



**Figura 71: Molécula de 1,3-dicloro-aleno**

O que acontece é que o carbono central é um carbono sp, que forma duas ligações pi. Essas ligações pi devem se afastar por um ângulo de 90°, porque os elétrons se repelem, como ilustrado na Figura 72.

As ligações sigma acontecem ao longo do eixo x em um ângulo de 180°, como também mostrado pela Figura 72.



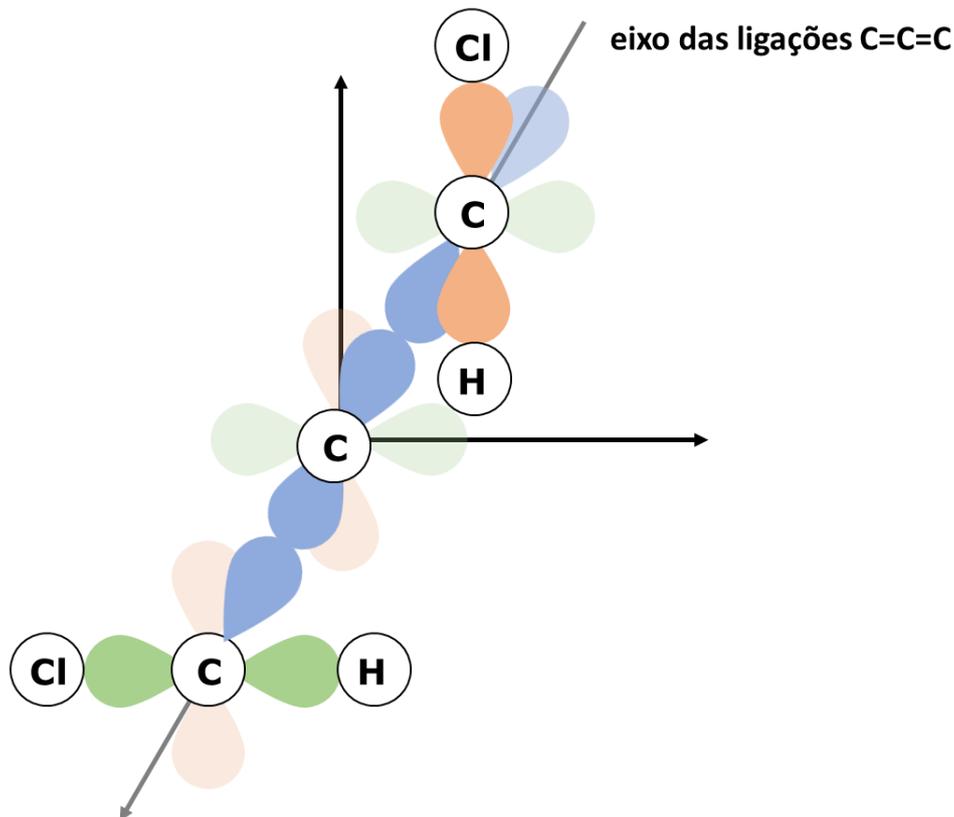


**Figura 72: Arranjo espacial dos orbitais em torno do carbono central (hibridização  $sp$ ) do 1,3-dicloro-aleno**

Na Figura 72, vemos em **laranja** uma ligação  $\pi$  que acontece entre o carbono central e o carbono da esquerda no 1,3-dicloroaleno. Em **verde**, vemos a ligação  $\pi$  que é formada pelo carbono central e pelo carbono da direita no mesmo composto.

Sendo assim, a ligação  $\pi$  entre o carbono da esquerda e o central acontece no eixo z. As demais ligações sigma com H e Cl devem formar um triângulo com o C central e devem ser perpendiculares ao eixo z para se afastar da ligação  $\pi$ .

Com isso, podemos desenhar o arranjo espacial completo para a molécula em apreço.

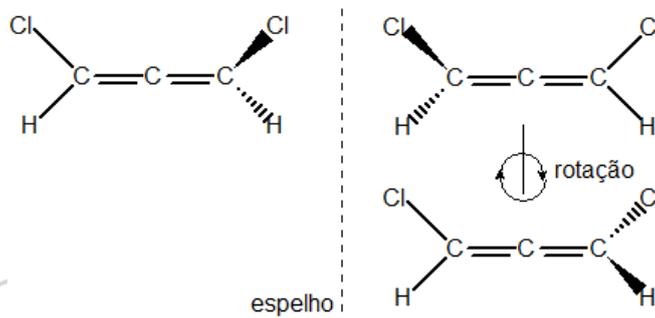


*Figura 73: Arranjo Espacial da Molécula de 1,3-dicloro-aleno*

Do outro lado, a ligação  $\pi$  entre o carbono central e o da direita acontece no eixo y, e as ligações com o H e Cl devem ser perpendiculares a ela, portanto, acontecem no eixo z.

O 1,3-dicloro-aleno não é plano. Note que, no carbono da direita, o cloro está acima do plano do papel, enquanto o hidrogênio está abaixo.

Devido ao fato de que a molécula de 1,3-dicloro-aleno é espacial, ela é assimétrica. Sua imagem no espelho não é superponível com a molécula original.





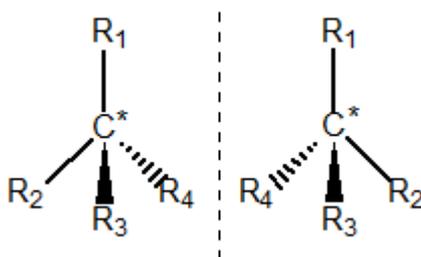
**Figura 74: Enantiômeros da Molécula de 1,3-dicloro-aleno**

Pela Figura 74, quando a imagem especular é rotacionada em torno do plano do papel, o cloro que está para fora do papel vem para o lado de dentro. Já o hidrogênio, que estava para dentro do papel, vem para o lado de fora.

Sendo assim, a molécula original e a sua imagem no espelho não são superponíveis. Portanto, as duas moléculas mostradas na Figura 74 são um par de enantiômeros. Isso significa também que o 1,3-dicloro-aleno é opticamente ativo.

## 5.4. Carbonos Quirais

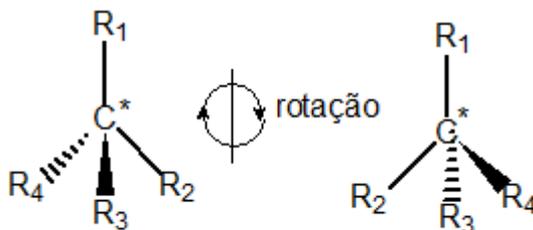
O caso mais conhecido e mais comum de isomeria óptica acontece com carbonos quirais. Os carbonos quirais são carbonos  $sp^3$  que apresentam **quatro ligantes diferentes**.



**Figura 75: Carbono Quiral**

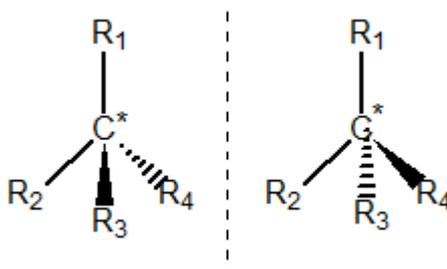
Em geral, o carbono quiral é assinalado com um asterisco (\*).

Note que, se os quatro grupos forem diferentes, ao tentar rotacionar a imagem especular da direita, jamais é possível obter uma imagem superponível com a molécula original.



**Figura 76: Rotação de uma Molécula Quiral**

Observe que a rotação obtida na Figura 76 é diferente da molécula original da Figura 75, caso os quatro grupos ligantes sejam todos diferentes entre si.



**Figura 77: Par de Enantiômeros**



FIQUE  
ATENTO!



Como vimos na seção anterior, a existência de carbonos quirais não é uma condição necessária para que uma molécula seja assimétrica.

Vejamos a seguir alguns exemplos de moléculas, em que seus respectivos carbonos quirais estão assinalados com um asterisco (\*).

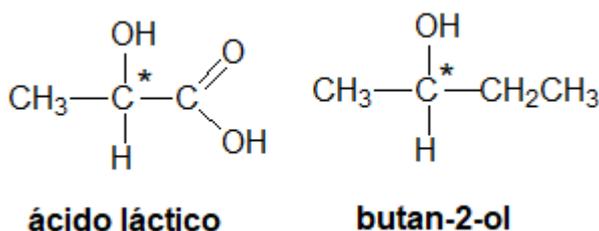


Figura 78: Exemplos de Moléculas Assimétricas e seus Respetivos Carbonos Quirais

As duas substâncias apresentadas na Figura 78 possuem um único carbono quiral e, por isso, são assimétricas e apresentam um par de enantiômeros, sendo um dextrogiro e outro levogiro.

É comum também o caso em que as moléculas apresentam vários carbonos quirais. Esse caso será estudado em mais detalhes na próxima seção.

### 5.4.1. Propriedades Físicas dos Enantiômeros

Apesar de os enantiômeros serem compostos diferentes, um meio **aquiral** (ou simétrico) não é capaz de distingui-los.

A água e o ar atmosférico são exemplos de meios aquirais. Por conta disso, **os enantiômeros apresentam exatamente as mesmas propriedades** na água e no ar, como as temperaturas de fusão e ebulição e a solubilidade em água.

Na Figura 79, tem-se as interações de moléculas de água com os dois enantiômeros do ácido láctico.

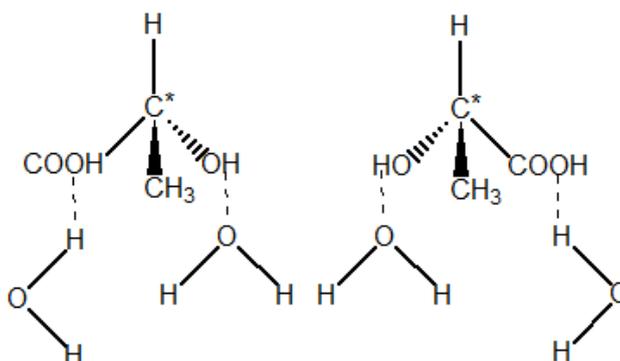


Figura 79: As interações da água com um par de enantiômeros são exatamente iguais



A Figura 79 mostra que as interações da água com as duas moléculas do par de enantiômeros são exatamente iguais. A razão para isso é que a molécula de água é simétrica.

Quando dissolvidos em água, a única diferença entre os isômeros ácido d-láctico e l-láctico está no plano de luz polarizada. Suas demais propriedades físicas são exatamente iguais.

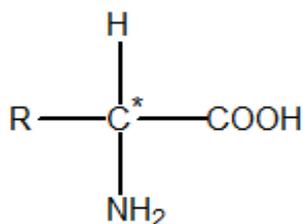
**Tabela 10: Temperatura de Fusão dos Enantiômeros e da Mistura Racêmica do Ácido Láctico**

Composto	Ponto de Fusão
Ácido d-láctico	28 °C
Ácido l-láctico	28 °C
Mistura racêmica	16 °C

A Tabela 10 chama a atenção, ainda, para o fato de que as propriedades físicas da mistura racêmica do ácido láctico são diferentes das propriedades físicas dos enantiômeros. Lembre-se que a mistura racêmica é a mistura dos ácidos d e l láctico na proporção 1:1.

A razão para isso é que as interações entre duas moléculas de ácido d-láctico são diferentes das interações entre uma molécula de ácido d-láctico e outra molécula de ácido l-láctico. Em outras palavras, **uma molécula quiral é capaz de distinguir os enantiômeros.**

Um dos exemplos mais importantes de meios quirais são as enzimas do corpo humano. As enzimas são formadas por aminoácidos, todos quirais.



**Figura 80: Forma Geral de um Aminoácido**

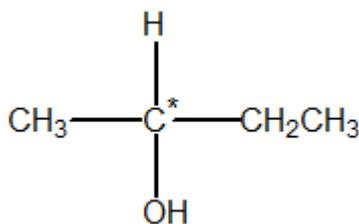
Por algum motivo, o corpo humano só apresenta aminoácidos do tipo l (levogiros). Nosso corpo não tem afinidade por aminoácidos dextrogiros.

Por conta disso, as enzimas são capazes de reagir de forma diferente com cada um dos enantiômeros. Dessa forma, o ácido (+)-láctico tem uma função metabólica no corpo humano, servindo como aviso para a fadiga muscular, mas o ácido (-)-láctico não tem nenhuma função no nosso corpo.

É dessa propriedade das enzimas que decorre também o fato de que os isômeros distintos da talidomida produzem efeitos diferentes, sendo um sedativo e o outro teratogênico.



**Pergunta:** A solubilidade dos dois enantiômeros do ácido d-láctico são iguais em d-sec-butanol?



A resposta é que errado. O d-sec-butanol é um solvente quiral, portanto, é capaz de diferenciar os enantiômeros. Logo, a solubilidade de cada um deles será diferente.

## 5.4.2. Nomenclatura de Isômeros Ópticos

A nomenclatura dos isômeros ópticos segue o sistema R-S, que também utiliza o conceito de prioridade visto no sistema E-Z. A seguir, descrevemos o passo-a-passo para a nomenclatura pelo sistema R – S.

- Numera-se os grupos por ordem de prioridade;
- Rotaciona-se a molécula, de modo a deixar o grupo de maior prioridade para o fundo;
- Nessa situação, percorre-se a molécula do grupo de maior prioridade para o grupo de menor prioridade. O nome do isômero será:
- R, de relógio, se o percurso for no sentido horário – lembre-se R de relógio;
- S, se o percurso for no sentido antiorário.

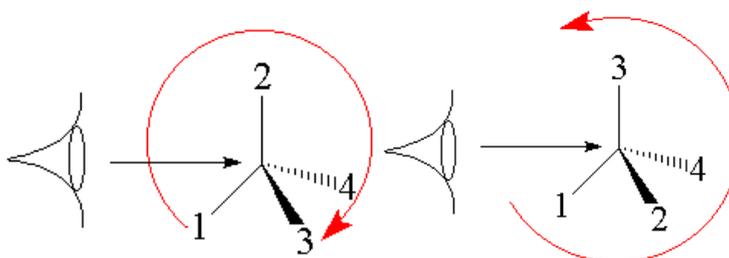


Figura 81: Sistema R-S de nomenclatura

Por exemplo, no caso da Figura 79, pode-se utilizar o sistema R-S para os isômeros ópticos do ácido láctico.

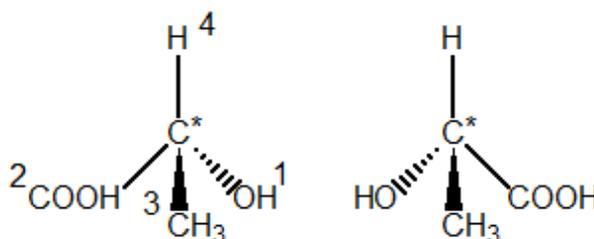


Figura 82: Nomenclatura dos Enantiômeros do Ácido Láctico

Para dar o nome adequado aos dois compostos, devemos jogar o hidrogênio, que é o grupo de menor prioridade para o fundo. Com isso, teremos o seguinte:

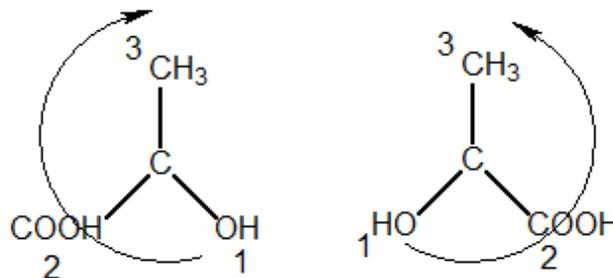


Figura 83: Nomenclatura dos Enantiômeros do Ácido Láctico

Tente fazer o experimento da Figura 82 mentalmente. Isso lhe dará um pouco de trabalho mental, mas é fundamental para compreender como aplicar a regra de nomenclatura R-S.

Diante do que foi mostrado na Figura 82, a molécula da esquerda corresponde ao ácido (R)-láctico e a molécula da direita corresponde ao ácido (S)-láctico.



Não há qualquer relação entre o sistema R-S e o fato de a molécula ser levogira ou dextrogira.

Por exemplo, no caso do ácido láctico, a molécula R é levogira. Já, no caso da talidomida, a molécula R é dextrogira.

### 5.4.3. Efeito das Trocas de Posição entre Grupos Ligantes

Considere um composto que tenha um único carbono quiral, como o ácido láctico. Quando fazemos uma troca de posição entre quaisquer dois ligantes do carbono, trocamos a configuração do carbono (de R para S, e vice-versa). Ao fazer isso, passamos para o enantiômero do composto. Considere o enantiômero R do ácido láctico.

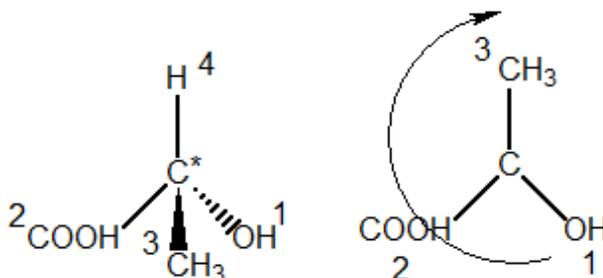


Figura 84: Ácido (R)-Láctico

Quando invertemos as posições do grupo –OH pelo grupo –COOH, chegaremos exatamente ao seu enantiômero – o ácido (S)-láctico. Vejamos:

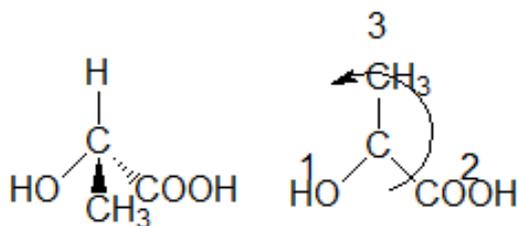


Figura 85: Ácido (S)-Láctico obtido a partir de uma inversão de posição entre dois ligantes

Ao fazer uma segunda troca de posições, invertemos novamente a configuração do carbono e, portanto, retornamos ao isômero (R). Por exemplo, considere trocar as posições dos grupos  $\text{-CH}_3$  e  $\text{-COOH}$ .

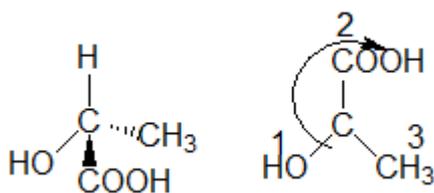


Figura 86: Ácido (R)-láctico obtido a partir de duas trocas da Figura 84

Sendo assim, podemos estabelecer a seguinte regra para a inversão de configuração em cada carbono quiral:

- Se for efetuado um número ímpar de trocas entre grupos ligantes, inverte-se a configuração do carbono;
- Se for efetuado um número par de trocas, mantém-se a configuração do carbono.

#### 5.4.4. Moléculas com Carbonos Quirais Diferentes

Dois carbonos quirais podem ser iguais ou diferentes, a depender de:

- **Carbonos Quirais Diferentes:** quando os quatro ligantes não são simultaneamente iguais – ao menos um deles é diferente;
- **Carbonos Quirais Iguais:** quando possuem exatamente os mesmos quatro grupos ligantes.

Nessa seção, estudaremos as moléculas com carbonos quirais diferentes. Nesse caso, cada um dos carbonos poderá ter exatamente duas configurações: R ou S.

Na Figura 87, tem-se uma molécula com dois carbonos quirais diferentes, portanto, o número de isômeros ópticos é igual a 4.

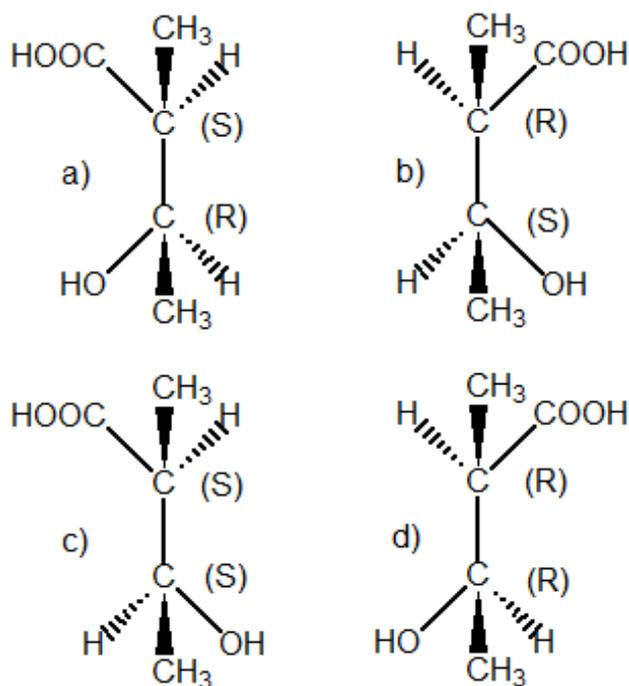


Figura 87: Isômeros Ópticos numa molécula com dois carbonos quirais

Como cada carbono pode ter duas configurações diferentes: R ou S, uma molécula com  $n$  carbonos quirais, apresentará o número de isômeros ópticos igual a:

$$N = 2^n$$

Na Figura 87, podemos notar que a imagem especular da molécula **a)** é a molécula **b)** e que a imagem especular da molécula **c)** é a molécula **d)**. Portanto, temos dois pares de enantiômeros: o par **a-b** e o par **c-d**.

As moléculas **a)** e **c)** são isômeros espaciais e, além disso, são isômeros ópticos, porém não são enantiômeros. Logo, são diastereoisômeros. Sendo assim, o fato de duas moléculas serem isômeros ópticos não significa que sejam um par de enantiômeros

Para um composto que tenha vários carbonos quirais, o enantiômero só pode ser obtido quando **todos** os carbonos quirais são invertidos. Sendo assim, teremos:

- **Duas Representações do Mesmo Composto:** quando todos os carbonos tiverem sua configuração mantida;
- **Um par de Diastereoisômeros:** quando pelo menos um, mas não todos os carbonos tiverem sua configuração invertida;
- **Um par de Enantiômeros:** quando todos os carbonos tiverem sua configuração invertida.

Entre os monossacarídeos, há vários grupos de moléculas que podem ser classificadas como diastereoisômeros e que são derivadas de carbonos quirais diferentes.

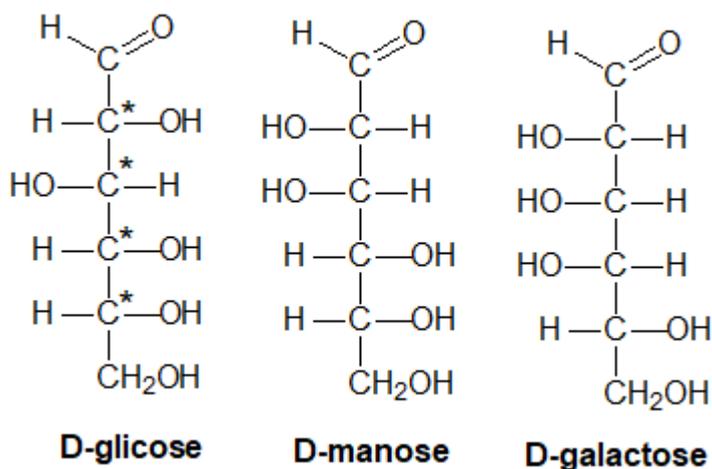


Figura 88: Monossacarídeos isômeros da glicose

Da Figura 88, tem-se que a molécula de glicose é formada por 4 carbonos quirais diferentes. Portanto, ela apresenta 16 isômeros ópticos ( $2^4 = 16$ ). Dentre esses 16 isômeros, há 8 pares de enantiômeros, portanto, 8 misturas racêmicas.

Os isômeros ilustrados: a glicose, a manose e a galactose são exemplos de diastereoisômeros, porque não houve mudanças de configuração entre todos os carbonos.



**Pergunta:** a glicose e a manose apresentam as mesmas propriedades físicas?

A resposta é que não. Os diastereoisômeros apresentam propriedades físicas diferentes.

Um caso de particular interesse está nas moléculas que possuem dois carbonos quirais entre dois anéis. É o caso da cânfora.

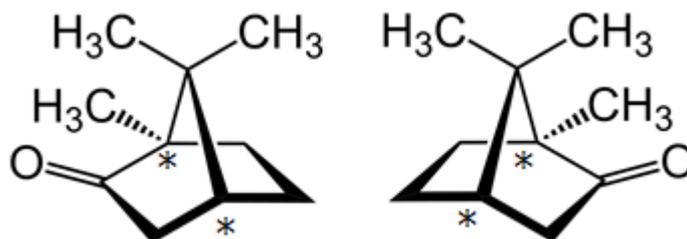
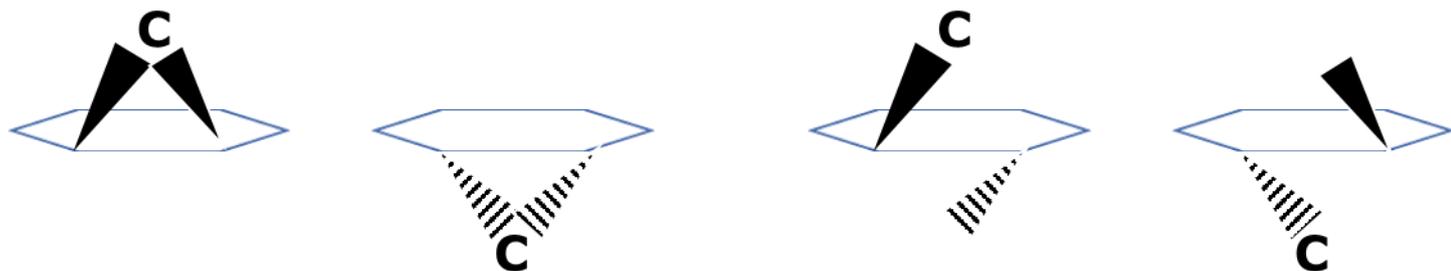


Figura 89: A Cânfora apresenta dois carbonos quirais entre anéis

Embora a cânfora apresente dois carbonos quirais, nem todos os quatro isômeros são possíveis, apenas dois deles.



### Configurações Possíveis

### Configurações Impossíveis

Figura 90: Configurações Impossíveis quando os carbonos quirais estão entre dois anéis

Sendo assim, fique muito atento ao caso em que existem carbonos quirais entre dois anéis. É bastante possível que haja alguma situação de impossibilidade que reduza o número de isômeros ópticos possíveis.

## 5.4.5. Moléculas com Carbonos Quirais Iguais

Quando a molécula apresenta carbonos quirais iguais, há a possibilidade de formação de um **mesocomposto**, que é um isômero opticamente inativo. Como exemplo, tem-se o ácido tartárico.

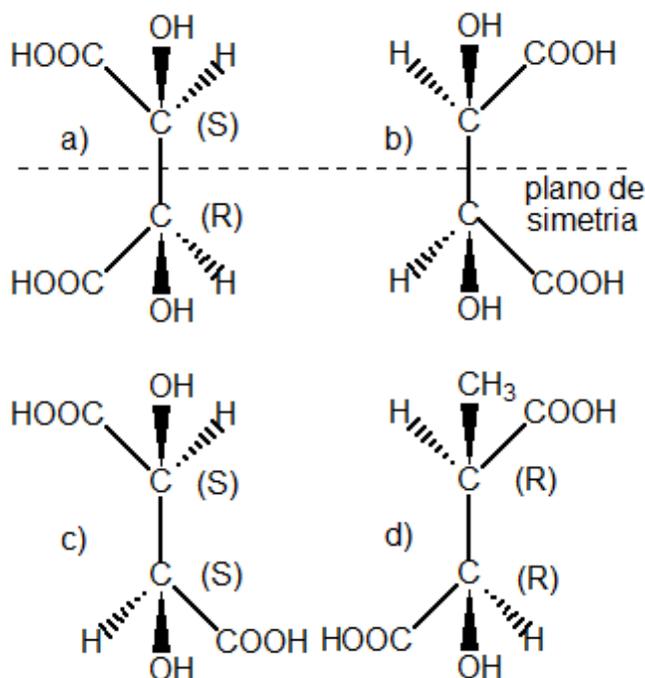


Figura 91: Isômeros Ópticos do Ácido Tartárico

Observe que as moléculas **a)** e **b)** possuem um plano de simetria e, na verdade, são iguais. A molécula **b)** pode ser transformada na molécula **a)** por uma rotação em torno do plano de simetria.

Sendo assim, as moléculas **a)** e **b)**, na verdade, duas representações para o mesmo composto. Trata-se de um **mesocomposto**, que é opticamente inativo, denominado ácido mesotartárico.

Já as moléculas **c)** e **d)** correspondem a um par de **enantiômeros**.



Sendo assim, o ácido tartárico apresenta 2 isômeros opticamente ativos e 1 mesocomposto.

Sempre que for necessário avaliar a quantidade de isômeros ópticos de uma molécula com carbonos quirais iguais, é preciso atentar para a possibilidade de formação de mesocompostos.

### 5.4.6. Projeção de Fischer

A projeção de Fischer é uma forma de representação bidimensional de uma molécula tridimensional.

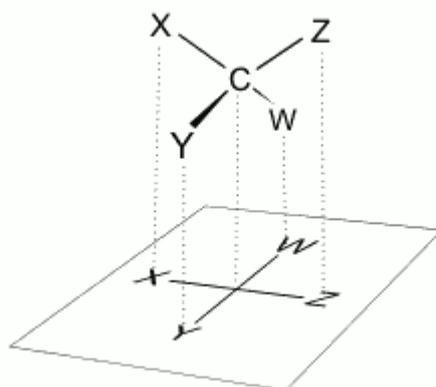


Figura 92: Aplicação da Projeção de Fischer

Essa projeção foi inicialmente concebida para representar os carboidratos. Atualmente, seu uso é desaconselhado para outras aplicações.

A despeito disso, é bastante comum a utilização das projeções de Fischer nas provas no ITA e no IME. Por isso, o aluno deve saber.

A Projeção de Fischer também é uma ferramenta muito útil para iniciantes em Química Orgânica que ainda não tem facilidade em rotacionar espacialmente a molécula. Por essa razão, eu recomendo que, caso uma questão pergunte se um par de moléculas é o mesmo composto, diastereoisômero ou enantiômero, você utilize essa projeção. Caso a molécula não venha na Projeção de Fischer, na hora da prova, você a converta nessa projeção para facilitar a sua análise.

Com a Projeção de Fischer, a análise fica muito simples. Sempre que você faz uma troca entre as posições de dois ligantes num carbono, você inverte a sua configuração.

Por exemplo, na Figura 88, para transformar a glicose em manose, é preciso inverter a configuração do carbono 1. Para transformar a glicose em galactose, é preciso inverter os carbonos 1 e 3.

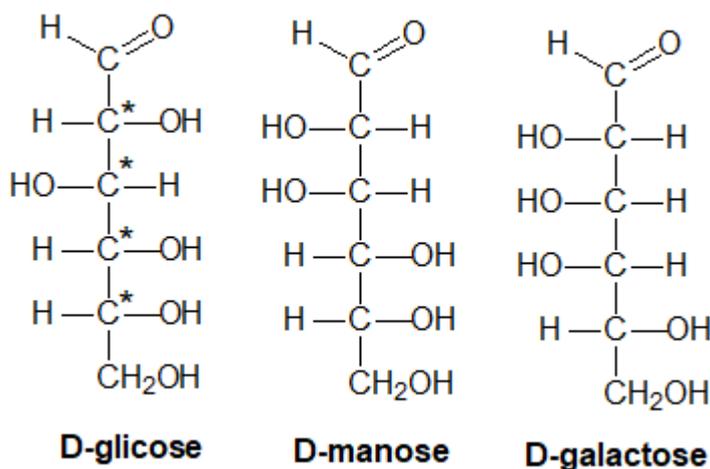


Figura 93: Projeção de Fischer para os isômeros da glicose

Em ambos os casos, apenas alguns carbonos quirais foram invertidos. Portanto, as moléculas são diastereoisômeros.

### 5.4.7. Isomeria Óptica em Ciclos

Quando um carbono está localizado em um ciclo, é preciso percorrer o ciclo nos dois sentidos e verificar se os dois percursos são diferentes. Estudaremos os casos das moléculas: clorociclopentano e 1,2-diclorociclopentano.

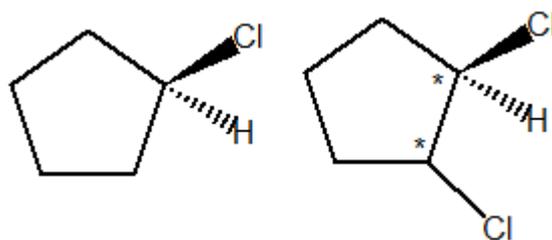
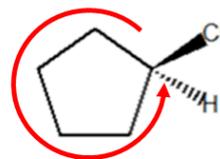
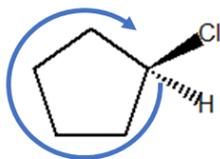


Figura 94: Isomeria Óptica em Ciclos

A molécula de clorociclopentano não é assimétrica, porque o ciclo é igual quando percorrido tanto pela esquerda como pela direita. Em ambos os casos, o carbono enxerga uma mesma sequência de grupos ligantes até fechar o ciclo. Acompanhe os dois percursos na Figura 95.

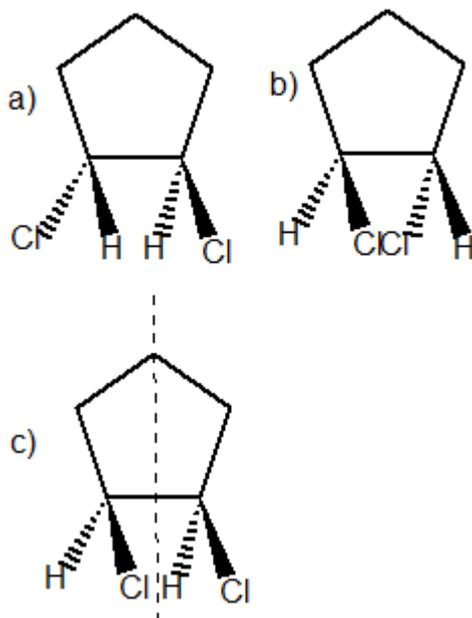
$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \textit{fecha o ciclo}$



$\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \textit{fecha o ciclo}$

Figura 95: Ilustração de que o cloropentano tem dois ligantes iguais no carbono em destaque

Convém destacar que a molécula 1,2-diclorociclopentano apresenta dois carbonos quirais iguais. Portanto, ela possui um par de enantiômeros e um mesocomposto.

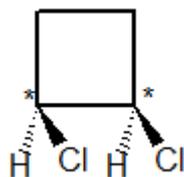


**Figura 96: Isômeros Ópticos na Molécula de 1,2-dicloro-ciclopentano**

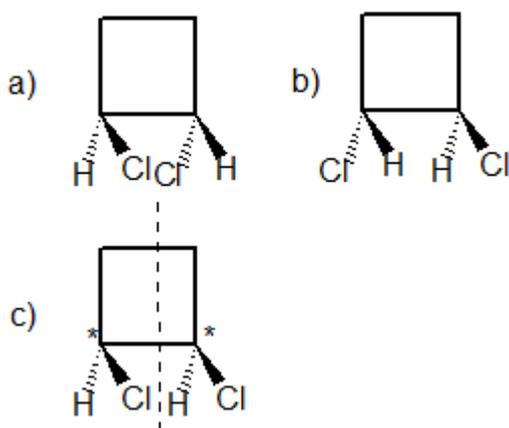
Observe que as moléculas **a)** e **c)** se enquadram também na classificação de isômeros geométricos.

A molécula **c)** corresponde ao isômero cis ou Z, que é opticamente inativo. Já o isômero trans ou E apresenta um par de enantiômeros.

Situação semelhante acontece com o 1,2-diclorociclobutano, que apresenta dois carbonos quirais e iguais.



Como os dois carbonos são iguais, a substância em apreço apresenta um par de enantiômeros e um mesocomposto, que estão mostrados a seguir.



*Figura 97: Isômeros do 1,2-diclorociclobutano*

Um caso interessante a ser observado é o do 1,3-diclorociclobutano. Essa molécula apresenta isomeria cis-trans como já estudamos anteriormente. Porém, ela não apresenta nenhum carbono quiral.

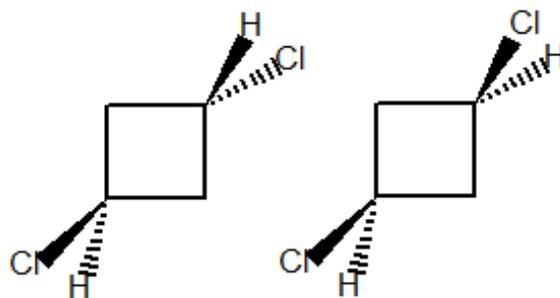


Figura 98: Isômeros do 1,3-dicloro-ciclobutano

Se você não entendeu por que essa molécula não apresenta carbonos quirais, note que os ciclos são iguais em ambos os sentidos para ambos os carbonos ( $-CH_2 - CHCl - CH_2 -$ ).

Nesse caso, tanto o isômero cis como o isômero trans são opticamente inativos. Observe, ainda, que o isômero trans tem um plano de simetria: o plano que atrevesse os dois átomos de H e os dois átomos de Cl.

Sendo assim, no caso de ciclos, podemos afirmar que:

- É preciso avaliar a existência de isômeros geométricos;
- É preciso verificar se há carbonos quirais e se eles são iguais ou diferentes. Essa análise pode ser substituída pelo estudo de planos de simetria na molécula.

## 5.5. Racemização

Na Tabela 10, falamos sobre as propriedades dos isômeros ópticos do ácido láctico. De fato, os isômeros ópticos do ácido láctico apresentam a mesma temperatura de fusão, porém, a mistura racêmica apresenta uma temperatura de fusão diferente.

Um fato que chama a atenção a respeito desse ácido é que, se uma mistura de ácido *l*-láctico extraída de seres vivos for aquecida a temperaturas próximas da temperatura de ebulição, ela perde a atividade óptica. Além disso, as temperaturas de ebulição da mistura racêmica e dos enantiômeros isolados são iguais a 122 °C.

O que acontece com esse ácido?

Na verdade, o ácido sofreu um processo conhecido como **racemização**.

A explicação para a racemização é que, da mesma forma que estudamos para as cetonas e aldeídos, os ácidos carboxílicos também sofrem um processo de tautomeria, formando um enodiol.

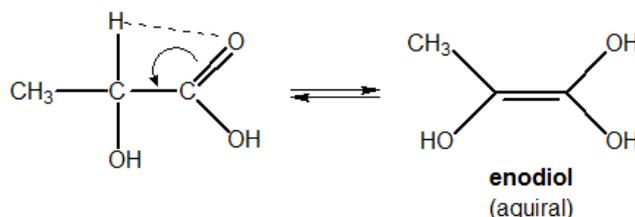


Figura 99: Tautomerização em um Ácido Carboxílico

O enodiol é uma molécula plana, portanto aquiral.



Vale ressaltar que o equilíbrio é dinâmico, portanto o enodiol está o tempo inteiro se convertendo em ácido láctico.

Além disso, como o enodiol é aquiral, essa conversão acontece na proporção de 50% de cada enantiômero.

**Importante:** sempre que uma substância quiral é produzida a partir de substâncias aquirais em meio aquiral, o produto é a mistura racêmica, ou seja, 50% de cada enantiômero.

A diferença entre a tautomeria em ácidos carboxílicos e cetonas é que, no caso daqueles, o processo só acontece a temperaturas próximas da temperatura de ebulição.

Se uma cetona ou aldeído fosse opticamente ativa, ela se converteria em enol tão logo estivesse no estado líquido. Porém, esse fenômeno só acontece com os ácidos carboxílicos a temperaturas próximas da ebulição.

Diante disso, devemos observar que, para a ocorrência de racemização num ácido carboxílico, a molécula deve satisfazer às condições:

- A quiralidade deve ser originada do carbono alfa à carboxila;
- Deve existir um hidrogênio no carbono alfa à carboxila;

## 5.6. Métodos de Separação de Misturas Racêmicas

Os enantiômeros apresentam as mesmas propriedades físicas em meios aquirais, portanto, é impossível separá-los por procedimentos comuns, como destilação ou dissolução fracionada.

É até possível processar métodos físicos, como a dissolução fracionada, desde que em meio quiral.

Por exemplo, é possível realizar dissolução fracionada de uma mistura racêmica de ácido tartárico em um solvente quiral, como o d-butan-2-ol (ou d-sec-butanol).

Porém, é muito raro mesmo em laboratório isolar uma quantidade grande de um dos enantiômeros de um solvente quiral. Por isso, precisamos estudar outros métodos de separação de misturas racêmicas. Esse é exatamente o objetivo dessa seção.

### 5.6.1. Método Mecânico

Em alguns casos, como no ácido tartárico, que foi relatado anteriormente nesse material, é possível separar os enantiômeros por **catação**.

Quando cristalizado cuidadosamente, uma mistura racêmica do ácido tartárico produz dois tipos de cristais, que são um a imagem do outro no espelho. Esses cristais podem ser separados por catação, como feito por Pasteur.

Vale ressaltar que esse método é restrito a poucos cristais, porque nem sempre os cristais **d** e **ℓ** são diferentes entre si.



## 5.6.2. Método Biológico

Os seres vivos processam suas reações por meio de enzimas, que são extremamente específicas, sendo até mesmo capazes de diferenciar um par de enantiômeros.

Dessa maneira, é possível separar uma mistura racêmica fornecendo-a como alimento para uma cultura de bactérias. Em geral, as bactérias consumirão apenas um dos isômeros, deixando o outro.

Por exemplo, muitas bactérias possuem afinidade pelo ácido *l*-lático, mas não possuem afinidade pelo ácido *d*-lático.

Ao se fornecer a uma cultura uma mistura racêmica desse ácido, elas consumirão totalmente o isômero *l*, deixando exclusivamente o isômero *d*.

Se o interesse da separação for apenas no isômero *d* ou se for possível realizar a inversão de configuração, esse método é aplicável.

Certamente, o método biológico tem suas limitações, entre elas:

- Muitas substâncias quirais não são consumidas por seres vivos, portanto, nem sempre é possível encontrar espécies de bactérias que tenham afinidade pelo composto que se deseja isolar;
- Um dos enantiômeros é integralmente consumido, portanto, o método não pode ser utilizado quando se precisa dos dois enantiômeros em recipientes isolados. O método só pode ser utilizado quando um dos enantiômeros for descartável.

## 5.6.3. Método Químico

O método mais comum de separar os enantiômeros é utilizando um **reagente quiral**. O objetivo é transformar uma mistura de enantiômeros em uma mistura de diastereoisômeros.

Por exemplo, vamos estudar mais adiante que ácidos carboxílicos e álcoois reagem formando ésteres:

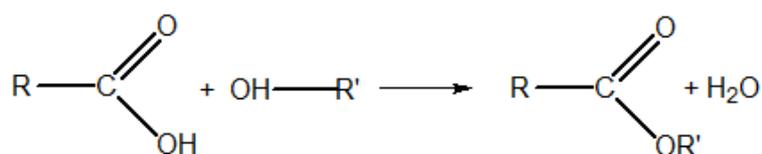
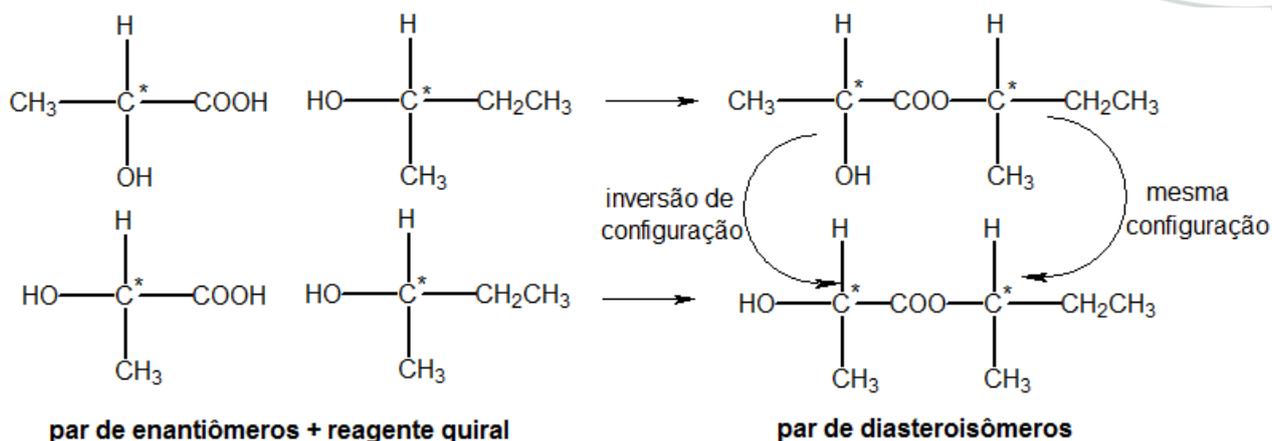


Figura 100: Esterificação de Fischer

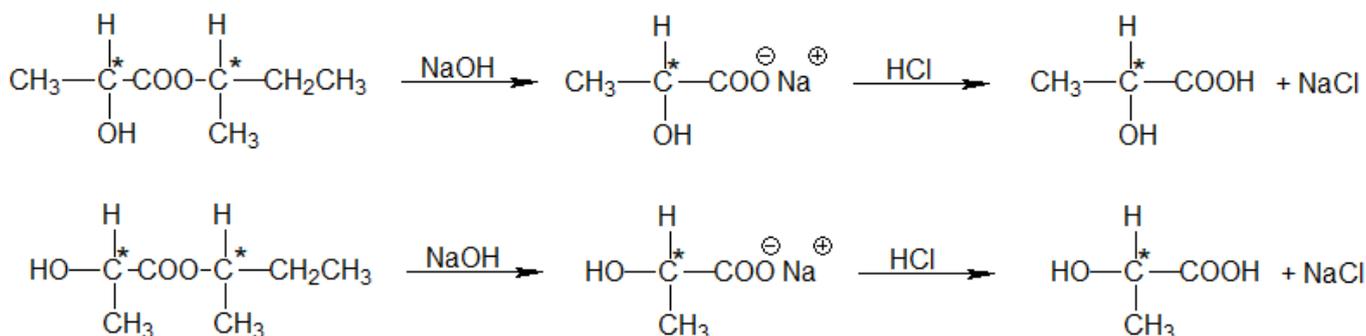
Dessa forma, na reação da mistura racêmica do ácido lático com o *d*-sec-butanol, teremos a formação de um par de ésteres:



**Figura 101: Reação entre uma mistura racêmica e um reagente quiral**

Porém, note que esse par de ésteres é um par de diastereoisômeros. Portanto, os produtos da reação podem ser separados por suas propriedades físicas.

Uma vez separados o par de ésteres diastereoisômeros, pode-se fazer a extração por meio de uma reação que permita regenerar o ácido. Por exemplo, a hidrólise alcalina do éster. Essas reações serão estudadas mais adiante, no Capítulo sobre Funções Oxigenadas. Foram utilizadas aqui apenas como ilustração.



*Figura 102: Obtenção dos Enantiômeros do Ácido Láctico a partir de uma mistura de ésteres diastereoisômeros*





## 6. 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):  $0^\circ\text{C}$  e  $760 \text{ mmHg}$

Condições ambientes:  $25^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições padrão:  $1 \text{ bar}$ ; 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  $\text{mol L}^{-1}$

### MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g mol}^{-1}$ )	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g mol}^{-1}$ )
H	1	1,01	Mn	25	54,94
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. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Os itens a seguir apresentam alguns radicais orgânicos. Determine a fórmula estrutural e o nome IUPAC dos compostos formados pela junção desses radicais.

- Fenil + metil
- Etanoila + amino
- Etanoila + etil
- Benzoila + hidroxila
- Metoxi + etil
- Metoxi + acetila
- Etanoila + hidrogênio
- Benzoila + cloro
- Etoxi + hidrogênio
- Metoxi + Metanoila

**2. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes hidrocarbonetos:

- Propano



- b) Pent-1-eno
- c) Hex-3-ino
- d) Hexa-1,3-dieno
- e) 2-metil-octano
- f) 6-fenil-oct-1-eno
- g) Metilciclopentano

### 3. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

O ácido acético é um composto muito importante da Química Orgânica e dá origem a muitos outros compostos por meio de reações químicas. Determine a fórmula estrutural e dê o nome IUPAC dos compostos que podem ser obtidos a partir desse ácido pela substituição:

- a) Do hidrogênio ácido por metila.
- b) Do hidrogênio ácido por sódio.
- c) Do hidrogênio ácido por fenila.
- d) Da hidroxila por etil.
- e) Da hidroxila por metoxi.
- f) Da hidroxila por amino.
- g) Da hidroxila por hidrogênio.

### 4. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Muitos compostos orgânicos são conhecidos por nomes usuais, que foram consagrados pelo uso. Pesquise as fórmulas estruturais dos seguintes compostos e determine seus nomes IUPAC.

Sugestão: utilizem a internet.

- a) Ácido Fórmico.
- b) Cloreto de Vinila.
- c) Ácido Succínico.
- d) Ácido Tartárico.
- e) Ácido Valérico.
- f) Neopentano.
- g) Isooctano.

### 5. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Com base nas fórmulas estruturais desenhadas na questão anterior, escreva os nomes dos seguintes compostos:

- a) Formiato de vinila.



- b) Brometo de neopentila.
- c) Tartarato de metila.
- d) Valerato de neopentila.

**6. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Escreva as reações de formação para as seguintes substâncias

- a)  $\text{HNO}_3$
- b)  $\text{CaSO}_4$
- c)  $\text{HClO}_4$
- d)  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$  (cafeína)

**7. (ITA – 2020 – 2ª Fase)**

Considere a conformação estrutural das moléculas 1,3-dietilcicloexano, 1,4-dietilcicloexano e 2,3-diclorobutano. Pedem-se:

- a) Desenhe todas as estruturas conformacionais;
- b) Determine o número de centros quirais em cada molécula;
- c) Identifique todos os pares enantioméricos e os compostos meso, se presentes.

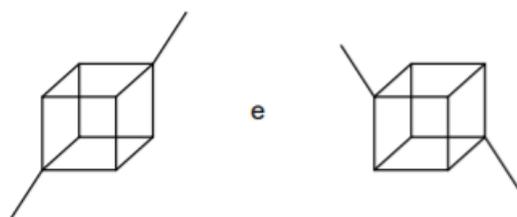
**8. (IME – 2020 – 2ª Fase)**

Estabeleça a relação entre os pares cujas estruturas estão representadas abaixo, identificando-os como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.

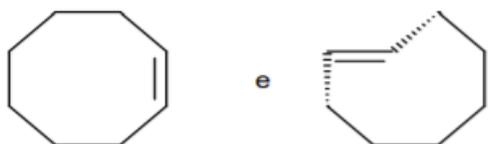
a)



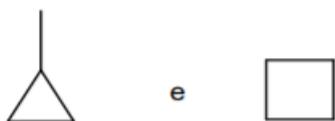
b)



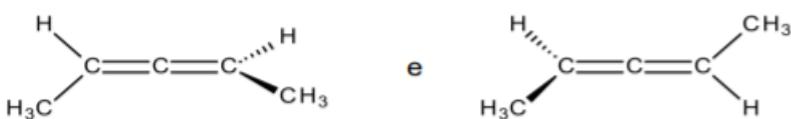
c)



d)

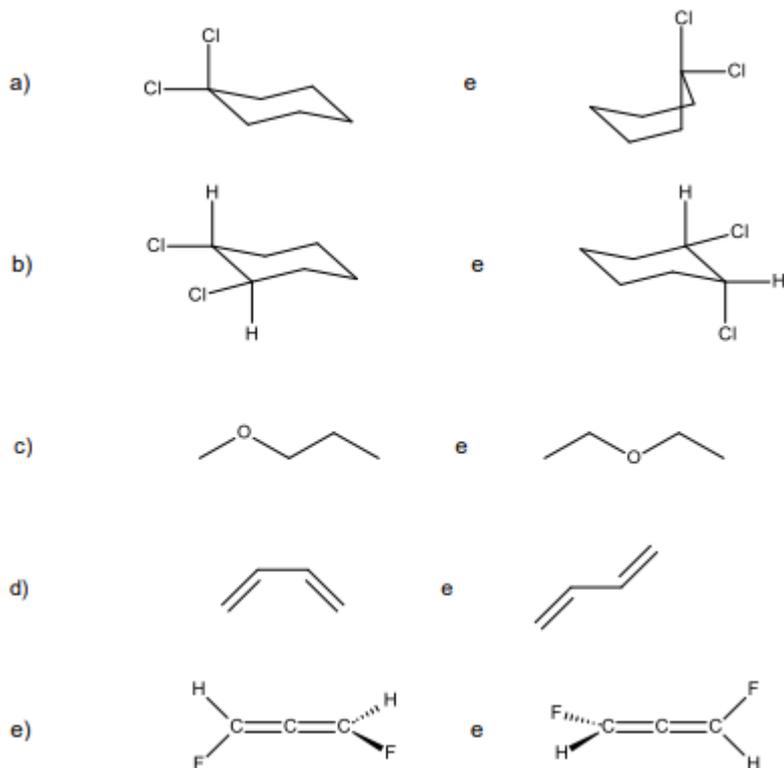


e)



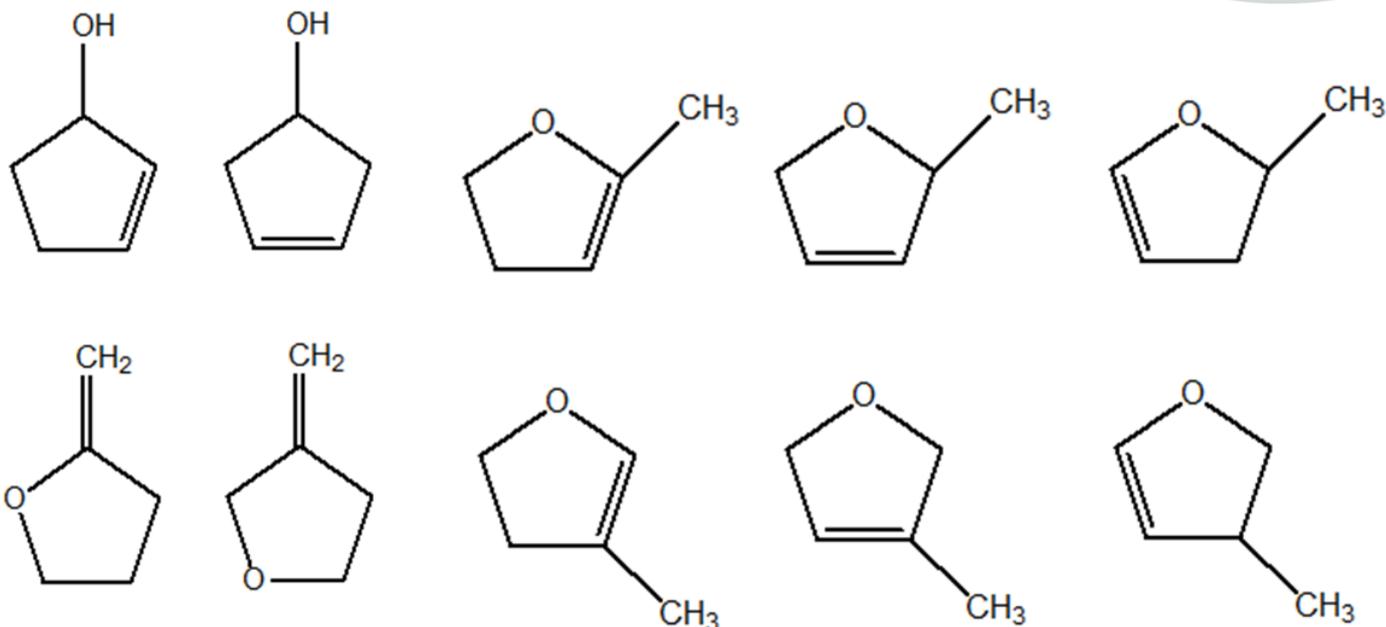
9. (IME – 2019)

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



10. (IME – 2018)

Dê as fórmulas estruturais de dez isômeros monocíclicos de cinco membros da ciclopentanona.



**11. (IME – 2018)**

Assinale a opção que apresenta o número total de isômeros estruturais de aminas com fórmula molecular  $C_4H_{11}N$ .

- a) 3
- b) 4
- c) 7
- d) 8
- e) 9

**12. (ITA – 2018)**

Considere as proposições a seguir:

- I – O alceno  $C_6H_{12}$  apresenta cinco isômeros.
- II – Existem três diferentes compostos com a fórmula  $C_2H_2Cl_2$
- III – Existem quatro diferentes éteres com a fórmula molecular  $C_4H_{10}O$
- IV – O trimetilbenzeno tem três isômeros estruturais.

Das proposições acima, estão CORRETAS:

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



**13. (ITA – 2017 – adaptada)**

São feitas as seguintes proposições a respeito dos hidrocarbonetos cuja fórmula molecular é  $C_5H_{10}$ :

- I. Existem apenas seis isômeros do  $C_5H_{10}$ .
- II. Pelo menos um dos isômeros do  $C_5H_{10}$  é quiral.

Das proposições acima é (são) CORRETA(S)

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

**14. (IME – 2015)**

Desenhe as fórmulas estruturais espaciais de todos os isômeros do dimetilciclopropano, escrevendo as respectivas nomenclaturas IUPAC.

**15. (ITA – 2015)**

Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

- a) Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.
- b) Qual das duas cetonas acima tem maior conteúdo enólico? Justifique.

**16. (ITA – 2012)**

São feitas as seguintes afirmações em relação à isomeria de compostos orgânicos:

- I. O 2-cloro-butano apresenta dois isômeros óticos.
- II. O *n*-butano apresenta isômeros conformacionais.
- III. O metil-ciclo-propano e o ciclo-butano são isômeros estruturais.
- IV. O alceno de fórmula molecular  $C_4H_8$  apresenta um total de três isômeros.
- V. O alceno de fórmula molecular  $C_5H_{12}$  apresenta um total de dois isômeros.

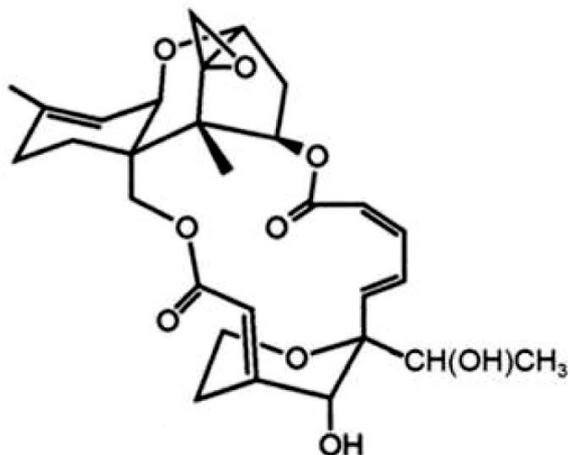
Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

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



**17. (IME – 2018 – 1ª Fase)**

Dada a estrutura química da satratoxina-H abaixo, podemos afirmar que essa molécula possui:



- a) 2 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .
- b) 7 centros quirais e 10 átomos  $sp^2$ .
- c) 7 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .
- d) 8 centros quirais e 10 átomos  $sp^2$ .
- e) 9 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

**18. (IME – 2017 – 1ª Fase)**

Assinale a alternativa correta.

- a) O 1,2-diclorociclopentano pode ser encontrado em duas configurações estereoisoméricas.
- b) O metilcicloexano pode ser encontrado em duas configurações estereoisoméricas, que diferem entre si na posição do grupo metila (equatorial ou axial).
- c) Existem dois enantiômeros do 1,3-dibromopropadieno.
- d) Existem três diastereoisômeros do 1,4-diclorocicloexano.
- e) Existem dois enantiômeros do 1,2-dicloroeteno.

**19. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Explique por que é impossível isolar em solução aquosa um dos isômeros ópticos do 2-aminopropanal.

**20. (IME – 2011)**

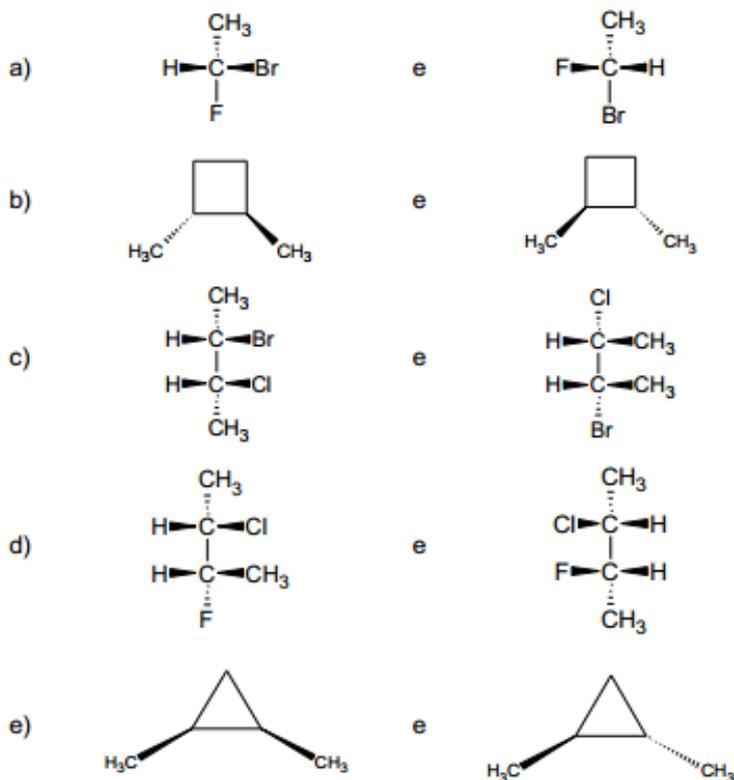
Para cada composto abaixo, apresente as fórmulas estruturais planas das formas tautoméricas, se houver, ou justifique a inexistência de tautomeria.

- a)  $CH_3COCH_2COCH_3$
- b) Aldeído benzoico



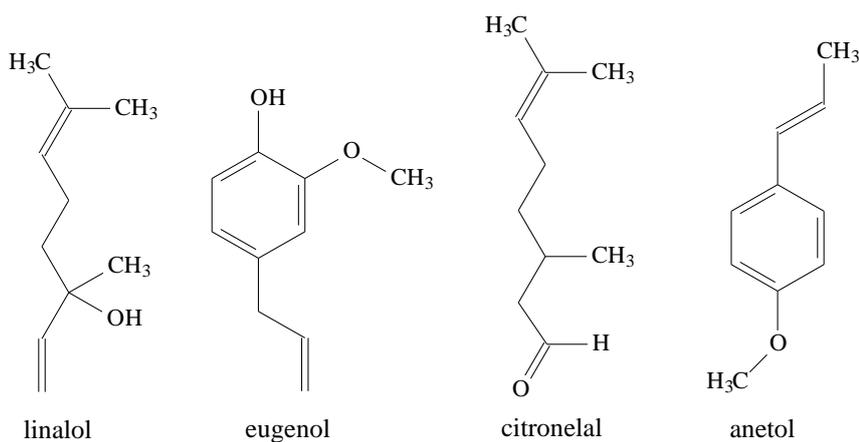
**21. (IME – 2014)**

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



**22. (FUVEST SP/2012)**

As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:



Dentre esses compostos, são isômeros:

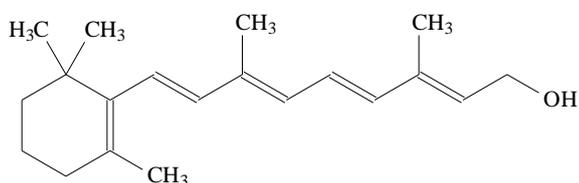
- a) anetol e linalol.
- b) eugenol e linalol.
- c) citronelal e eugenol.
- d) linalol e citronelal.



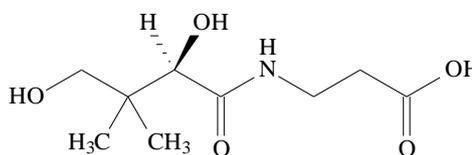
e) eugenol e anetol.

**23. (UNESP SP/2016/Ciências da Natureza)**

Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



retinol



ácido pantotênico

Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

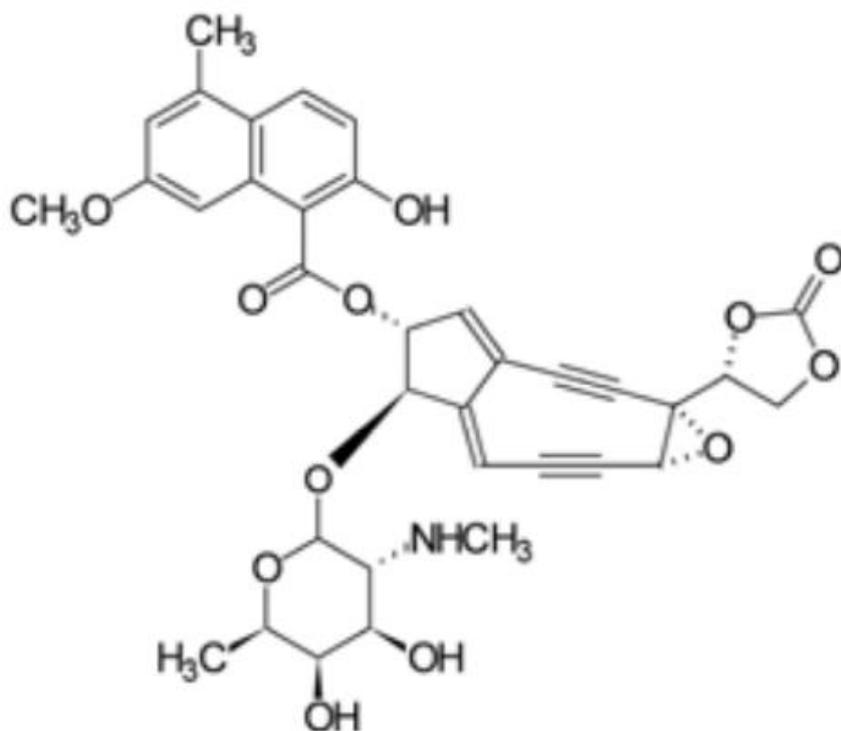
**24. (IME – 2012)**

Dentre as opções abaixo, indique a única que não apresenta estereoisomeria.

- a) 3-metil-2-hexeno
- b) 2-penteno
- c) Ácido butenodióico
- d) Propenal
- e) 2-buteno

**25. (IME – 2009)**

A neocarzinostatina é uma molécula da família das enediínas que são produtos naturais isolados de microrganismos e apresentam poderosa atividade anti-tumoral, por serem capazes de agir como intercalantes nas moléculas de DNA, interrompendo, dessa forma, o rápido crescimento celular característico das células tumorais.



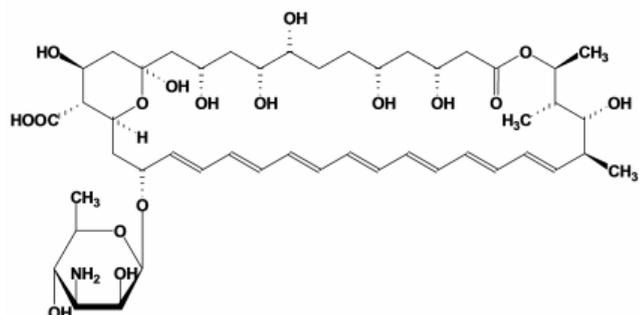
Analisando a estrutura da neocarzinostatina acima, pode-se afirmar que esta forma canônica da molécula possui:

- a) 256 isômeros ópticos e 11 ligações pi.
- b) 512 isômeros ópticos e 11 ligações pi.
- c) 256 isômeros ópticos e 13 ligações pi.
- d) 512 isômeros ópticos e 13 ligações pi.
- e) 1024 isômeros ópticos e 13 ligações pi.

**26. (IME – 2007)**

A anfotericina B é um agente antifúngico usado contra a micose conhecida como “pé-de-atleta”. Seu mecanismo de ação envolve interações com as membranas das células dos fungos causadores da doença, criando buracos através dos quais o conteúdo citoplasmático extravasa para o meio exterior matando as células e, conseqüentemente, os fungos. Dada a estrutura de um dos estereoisômeros da anfotericina B abaixo, determine:

- a) O número de estereoisômeros da anfotericina B que podem existir.
- b) As funções orgânicas presentes na estrutura da anfotericina B, excluindo a função hidrocarboneto.
- c) A fórmula molecular da anfotericina B.



**27. (IME – 2007)**

Quantos isômeros existem para o diclorofenol?

- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6
- e) 7

**28. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Quantos isômeros opticamente ativos apresenta o pentano-2,3,4-triol?

- a) 2
- b) 4
- c) 8
- d) 16
- e) 32

**29. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Considere os seguintes compostos:

I – 1-cloro,3-bromo-propadieno

II – (E)-1,2-dicloro ciclobutano

III – 2-hidróxi-2-cloro propano

Apresentam isomeria óptica:

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II e III.



- d) Apenas II.
- e) Todos os compostos.

**30. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Assinale a alternativa que apresenta a substância que não reage com sódio metálico:

- a) Propanona.
- b) Ácido trans-butenóico.
- c) Ácido cis-butenóico.
- d) Etanol
- e) But-2-ino.

**31. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

As reduções da butanona e do butanal com zinco, ácido clorídrico e níquel como catalisador produzem, respectivamente:

- a) A mistura racêmica do butan-2-ol e butan-1-ol.
- b) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e butan-1-ol.
- c) Ambas produzem butan-1-ol.
- d) Ambas produzem a mistura racêmica do butan-2-ol.
- e) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e a mistura racêmica do butan-2-ol.

Obs.: Considere que a redução de aldeídos e cetonas acontece com a quebra da ligação dupla e a adição de um átomo de hidrogênio ao carbono e outro ao oxigênio.

**32. (IME – 2008)**

Assinale a alternativa correta.

- a) Apenas compostos orgânicos insaturados apresentam isomeria *cis-trans*.
- b) Em compostos cuja estereoisomeria é devida exclusivamente a centros quirais tetraédricos, o número total de estereoisômeros não excede o valor  $2^n$ , onde  $n$  é o número de centros quirais presentes na molécula.
- c) 2-pentanona e 3-pentanona são designações para conformações diferentes de uma mesma molécula orgânica.
- d) Um dos estereoisômeros do 2,3-diclorobutano não apresenta atividade óptica.
- e) É possível afirmar que a ligação entre dois átomos de carbono com hibridização  $sp^2$  sempre é uma ligação dupla.

**33. (IME – 2010)**

Assinale a alternativa que indica o número de isômeros ópticos e o número de racematos (misturas racêmicas) do 2-cloro-5-vinilciclopent-3-en-1-ol.

- a) 16 isômeros ópticos e 8 racematos.



- b) 16 isômeros ópticos e 16 racematos.
- c) 4 isômeros ópticos e 2 racematos.
- d) 8 isômeros ópticos e 4 racematos.
- e) 8 isômeros ópticos e 8 racematos.

**34. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Assinale a alternativa que apresenta um exemplo de composto opticamente ativo:

- a) 1,3-dicloroaleno.
- b) Ácido (2R),(3S) 2,3-dihidroxi-butanodióico.
- c) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio quiral.
- d) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio aquiral.
- e) Glicose preparada a partir de substâncias inorgânicas em um meio aquiral.

**35. (ITA – 2010)**

Dada a fórmula molecular  $C_3H_4Cl_2$ , apresente as fórmulas estruturais dos compostos de cadeia aberta que apresentam isomeria geométrica e dê seus respectivos nomes.

**36. (EsPCEX – 2019)**

Um aluno, durante uma aula de química orgânica, apresentou um relatório em que indicava e associava alguns compostos orgânicos com o tipo de isomeria plana correspondente que eles apresentam. Ele fez as seguintes afirmativas acerca desses compostos e da isomeria correspondente:

- I – os compostos butan-1-ol e butan-2-ol apresentam entre si isomeria de posição.
- II – os compostos pent-2-eno e 2 metilbut-2-eno apresentam entre si isomeria de cadeia.
- III – os compostos propanal e propanona apresentam entre si isomeria de compensação (metameria).
- IV – os compostos etanoato de metila e metanoato de etila apresentam entre si isomeria de função.

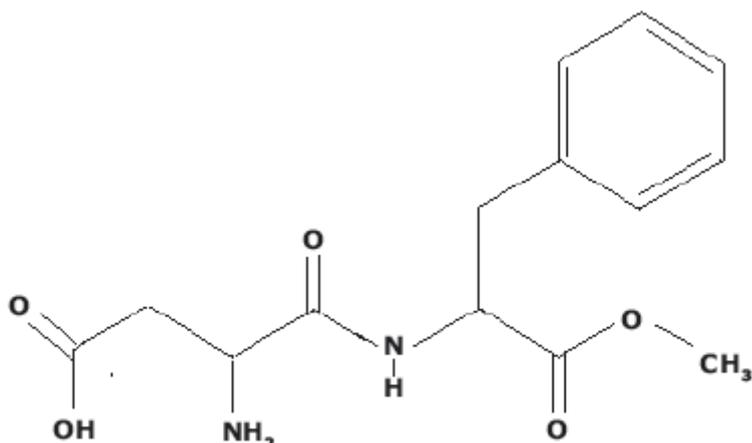
Das afirmativas feitas pelo aluno, as que apresentam a correta relação química dos compostos orgânicos citados e o tipo de isomeria plana correspondente são apenas

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

**37. (EsPCEX – 2015)**



O composto denominado comercialmente por Aspartame é comumente utilizado como adoçante artificial, na sua versão enantiomérica denominada S,S-aspartamo. A nomenclatura oficial do Aspartame especificada pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) é ácido 3-amino-4-[(1-benzil-2-metóxi-2-oxoetil)amino]-4-oxobutanóico e sua estrutura química de função mista pode ser vista abaixo.



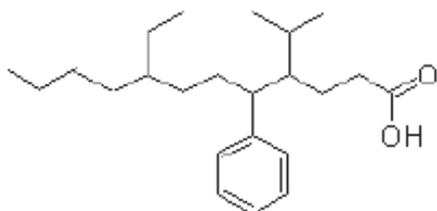
**Estrutura do aspartame**

A fórmula molecular e as funções orgânicas que podem ser reconhecidas na estrutura do Aspartame são:

- a)  $C_{14}H_{16}N_2O_4$ ; álcool; ácido carboxílico; amida; éter.
- b)  $C_{12}H_{18}N_3O_5$ ; amina; álcool; cetona; éster.
- c)  $C_{14}H_{18}N_2O_5$ ; amina; ácido carboxílico; amida; éster
- d)  $C_{13}H_{18}N_2O_4$ ; amida; ácido carboxílico; aldeído; éter.
- e)  $C_{14}H_{16}N_3O_5$ ; nitrocomposto; aldeído; amida; cetona.

### 38. (EsPECx – 2015)

O composto representado pela fórmula estrutural, abaixo, pertence à função orgânica dos ácidos carboxílicos e apresenta alguns substituintes orgânicos, que correspondem a uma ramificação como parte de uma cadeia carbônica principal, mas, ao serem mostrados isoladamente, como estruturas que apresentam valência livre, são denominados radicais. (Texto adaptado de: Fonseca, Martha Reis Marques da, Química: química orgânica, pág 33, FTD, 2007).



O nome dos substituintes orgânicos ligados respectivamente aos carbonos de número 4, 5 e 8 da cadeia principal, são

- a) etil, toluil e n-propil.
- b) butil, benzil e isobutil.
- c) metil, benzil e propil.
- d) isopropil, fenil e etil.
- e) butil, etil e isopropil.



**39. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Compare os pontos de ebulição entre os seguintes pares de isômeros:

- a) Álcool etílico e éter etílico.
- b) Ácido propanoico e etanoato de metila.
- c) E-1,2-dicloroeteno e Z-1,2-dicloroeteno
- d) Ortoclorofenol e paraclorofenol.
- e) (R)-butan-2-ol e (S)-butan-2-ol.

**40. (ITA – 2009)**

Assinale a afirmação CORRETA a respeito do ponto de ebulição normal (PE) de algumas substâncias.

- a) O 1-propanol tem menor PE do que o etanol.
- b) O etanol tem menor PE do que o éter metílico.
- c) O n-heptano tem menor PE do que o n-hexano.
- d) A trimetilamina tem menor PE do que a propilamina.
- e) A dimetilamina tem menor PE do que a trimetilamina.

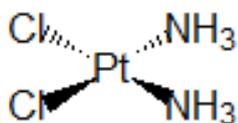
**41. (ITA – 2007)**

Assinale a opção que indica a substância que, entre as cinco, apresenta a maior temperatura de ebulição à pressão de 1 atm.

- a)  $\text{H}_3\text{CCHO}$
- b)  $\text{H}_3\text{CCOCH}_3$
- c)  $\text{H}_3\text{CCONH}_2$
- d)  $\text{H}_3\text{CCOOH}$
- e)  $\text{H}_3\text{CCOOCH}_3$

**42. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

A cisplatina é um agente utilizado para o tratamento de diversas neoplasias, como em testículos, ovários, garganta, bexiga e esôfago. É um composto formado por platina metálica ligada a dois átomos de cloro e duas moléculas de amônia, formando uma estrutura quadrada plana.



A respeito desse composto, são feitas as seguintes afirmações:

- I – a cisplatina é polar.



II – a hibridização da platina é  $sp^3$ .

III – no composto citado, o número de oxidação da platina é igual a +2.

IV – apresenta um enantiômero.

Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

a) Apenas I, II e IV.

b) Apenas I e III.

c) Apenas II, III e IV.

d) Apenas II e IV.

e) Todas as afirmações.

### 43. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

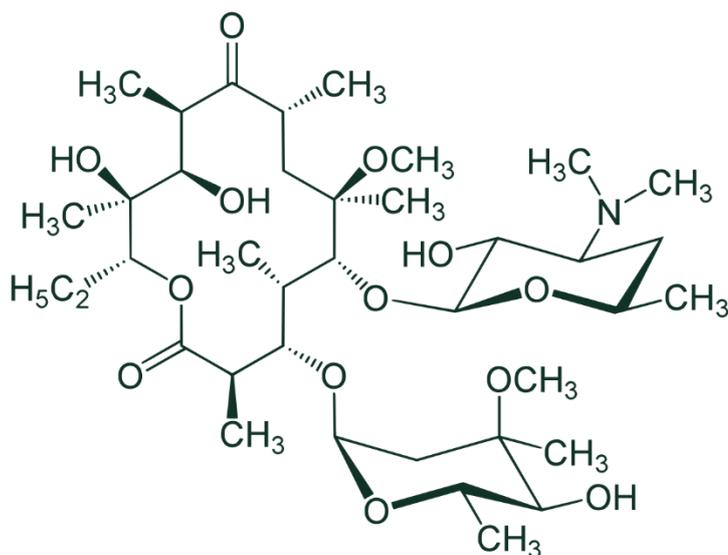
“Um Hospital de Campanha do Exército, com capacidade para 1.200 leitos, foi construído em Boa Vista para atender pacientes infectados com o novo Coronavírus. A construção ocorreu por meio da operação Acolhida, que estava em Paracaima (RR) atendendo refugiados da Venezuela. O funcionamento vai depender dos governos municipal e estadual. O Exército espera que a unidade hospitalar entre em funcionamento amanhã.

A intenção do Exército é desafogar as unidades do sistema público brasileiro de saúde e levar, especificamente, pacientes infectados com o Coronavírus e casos suspeitos da doença para o local.”

(Fonte: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/03/25/coronavirus-exercito-constroi-hospital-com-1200-leitos-em-boa-vista.htm?cmpid=copiaecola>)

A Covid-19 é uma pneumonia viral causada pelo Sars-Cov-2, que se originou na cidade de Wuhan, na China e se espalhou pelo mundo.

Embora seja uma doença viral, alguns dos medicamentos que têm sido testados em diversos países do mundo são antibióticos, como a claritromicina, cuja estrutura é representada a seguir.



Com base na fórmula estrutura apresenta, a claritromicina:

I – apresenta as funções álcool, éter, éster, cetona e amina.



II – apresenta 17 carbonos quirais.

III – apresenta a função amina terciária.

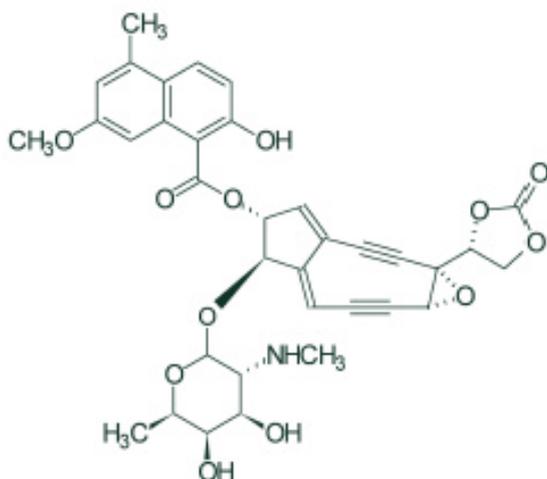
IV – apresenta apenas dois ciclos, ambos contendo 6 carbonos.

Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas III e IV.
- e) Todas as afirmações.

**44. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.

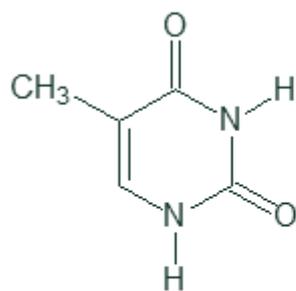


Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas a que pertence a neocarzinostatina:

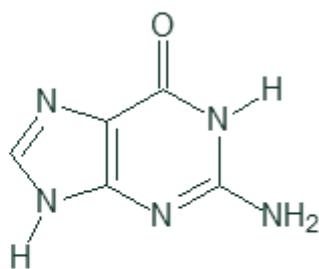
- a) Éter, éster, álcool e amina.
- b) Éter, éster, fenol, álcool e amina.
- c) Éter, cetona, álcool e amina.
- c) Éter, éster, fenol, álcool e amida.
- e) Éter, cetona, fenol, álcool e amida.

**45. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Considere os seguintes compostos orgânicos presentes na estrutura do DNA.



**timina**



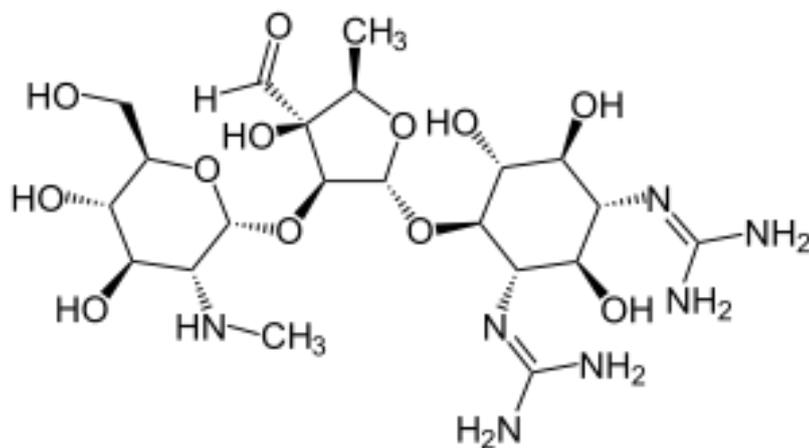
**adenina**

A respeito das funções orgânicas que esses compostos apresentam, pode-se dizer que:

- a) Ambas apresentam exclusivamente as funções amida e amina.
- b) A timina possui exclusivamente as funções amida e amina, mas a adenina apresenta também a função cetona.
- c) A timina possui exclusivamente a função amida, enquanto a adenina apresenta também a função amina.
- d) A timina possui exclusivamente a função amida, enquanto a adenina apresenta também a funções amina e cetona.
- e) A timina possui exclusivamente a função amina, enquanto a adenina apresenta exclusivamente as funções cetona e amina.

**46. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

A estreptomomicina é um medicamento antibacteriano, utilizado no tratamento de infecções, como a tuberculose e a brucelose, cuja fórmula estrutural está apresentada a seguir.



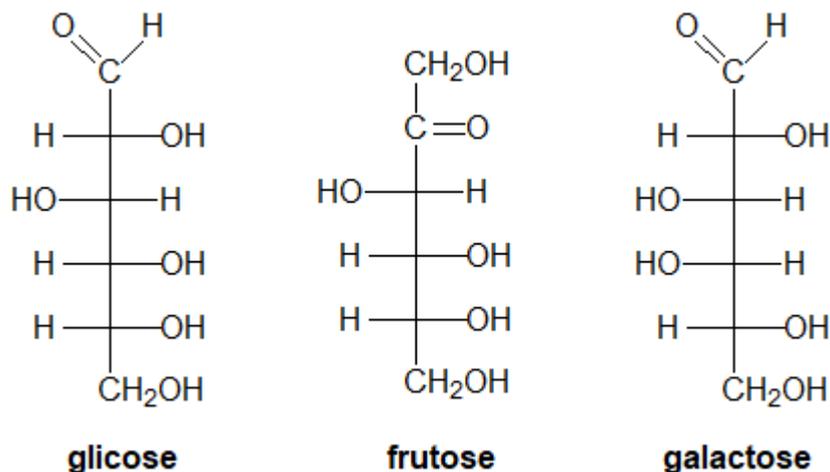
Assinale a alternativa que apresenta o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:

- a) 13 e 3
- b) 15 e 3
- c) 13 e 4
- d) 13 e 6
- e) 15 e 6



47. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

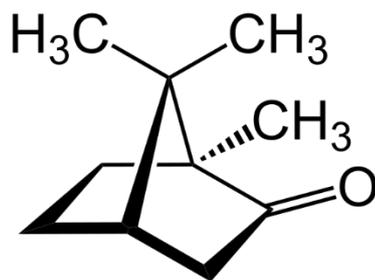
Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples. Normalmente, possuem de 3 a 7 carbonos e sua fórmula mínima é  $\text{CH}_2\text{O}$ . Considere as fórmulas estruturais de importantes monossacarídeos:



- a) A glicose e a frutose são isômeros espaciais.
- b) A galactose e a frutose são isômeros de função.
- c) A glicose e a galactose são enantiômeros.
- d) A galactose e a glicose são isômeros de posição.
- e) A glicose e a frutose são isômeros de cadeia.

48. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

A cânfora é representada pela estrutura a seguir:



A respeito dos isômeros espaciais apresentados por essa substância, podemos dizer que a cânfora:

- a) Apresenta apenas um par de enantiômeros.
- b) Apresenta apenas um par de diastereoisômeros.
- c) Apresenta dois pares de enantiômeros.
- d) Apresenta quatro diastereoisômeros.
- e) Não apresenta isômeros espaciais.

49. (ITA – 2007)



Em junho deste ano, foi noticiado que um caminhão transportando cilindros do composto *t*-butil mercaptana (2-metil-2-propanotiol) tombou na Marginal Pinheiros – cidade de São Paulo. Devido ao acidente, ocorreu o vazamento da substância. Quando adicionada ao gás de cozinha, tal substância fornece-lhe um odor desagradável. Assinale a opção que indica a fórmula molecular CORRETA desse composto.

- a)  $(\text{CH}_3)_3\text{CNH}_2$
- b)  $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$
- c)  $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_3$
- d)  $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{NH}_2$
- e)  $(\text{CH}_3)_3\text{CSCH}_2\text{OH}$

**50. (ITA – 2007)**

Realizaram-se testes de solubilidade de pequenas porções de compostos orgânicos constituídos de cinco átomos de carbono, denominados de *A*, *B*, *C*, *D* e *E*.

São fornecidos os seguintes resultados dos testes de solubilidade em vários solventes:

Teste 1. Os compostos *A*, *B*, *C*, *D* e *E* são solúveis em éter etílico.

Teste 2. Somente os compostos *B*, *C* e *D* são solúveis em água pura.

Teste 3. Somente os compostos *B*, *C* e *E* são solúveis em uma solução aquosa diluída de hidróxido de sódio.

Teste 4. Somente os compostos *D* e *E* são solúveis em uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico.

Considere sejam feitas as seguintes identificações:

I – O composto *A* é o *n*-pentano.

II – O composto *B* é o 1-pentanol.

III – O composto *C* é o propionato de etila.

IV – O composto *D* é a pentilamina.

V – O composto *E* é o ácido pentanóico.

Então, das identificações acima, estão NECESSARIAMENTE ERRADAS:

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

**51. (ITA – 2006)**



Considere uma amostra nas condições ambientes que contém uma mistura racêmica constituída das substâncias dextrógira e levógira do tartarato duplo de sódio e amônio. Assinale a opção que contém o método mais adequado para a separação destas substâncias.

- a) Catação.
- b) Destilação.
- c) Levigação.
- d) Filtração.
- e) Centrifugação.

**52. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Deseja isolar o isômero levogiro de uma solução aquosa de uma mistura racêmica de ácido láctico. Para isso, é conveniente:

- a) Adicionar hidróxido de sódio e separar os sais formados por dissolução fracionada.
- b) Adicionar etanol e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- c) Adicionar a mistura racêmica do álcool sec-butilico e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- d) Adicionar o álcool d-sec-butilico e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- e) Não é possível separar os isômeros ópticos por destilação fracionada, apenas por catação manual.

**53. (ITA – 1997)**

Considere as afirmações:

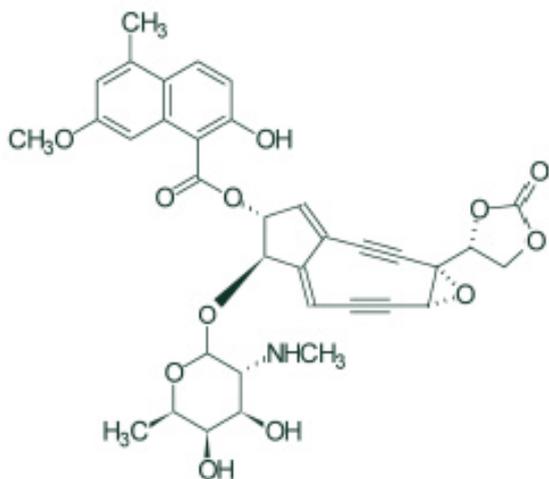
- I. Propanal é um isômero da propanona.
- II. Etil-metil-éter é um isômero do 2-propanol.
- III. 1-Propanol é um isômero do 2-propanol.
- IV. Propilamina é um isômero da trimetilamina.

Estão CORRETAS:

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

**54. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.

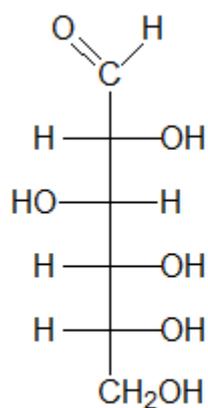


Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas a que pertence a neocarzinostatina:

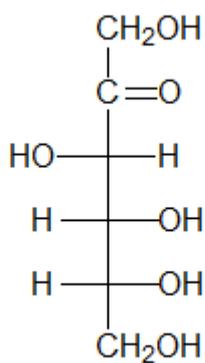
- a) Éter, éster, álcool e amina.
- b) Éter, éster, fenol, álcool e amina.
- c) Éter, cetona, álcool e amina.
- c) Éter, éster, fenol, álcool e amida.
- e) Éter, cetona, fenol, álcool e amida.

**55. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

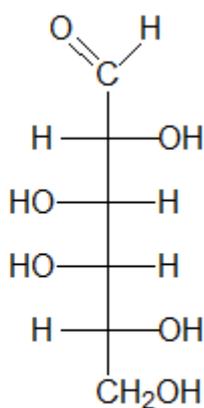
Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples. Normalmente, possuem de 3 a 7 carbonos e sua fórmula mínima é  $\text{CH}_2\text{O}$ . Considere as fórmulas estruturais de importantes monossacarídeos:



**glicose**



**frutose**



**galactose**

- a) A glicose e a frutose são isômeros espaciais.
- b) A galactose e a frutose são isômeros de função.
- c) A glicose e a galactose são enantiômeros.
- d) A galactose e a glicose são isômeros de posição.
- e) A glicose e a frutose são isômeros de cadeia.



56. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

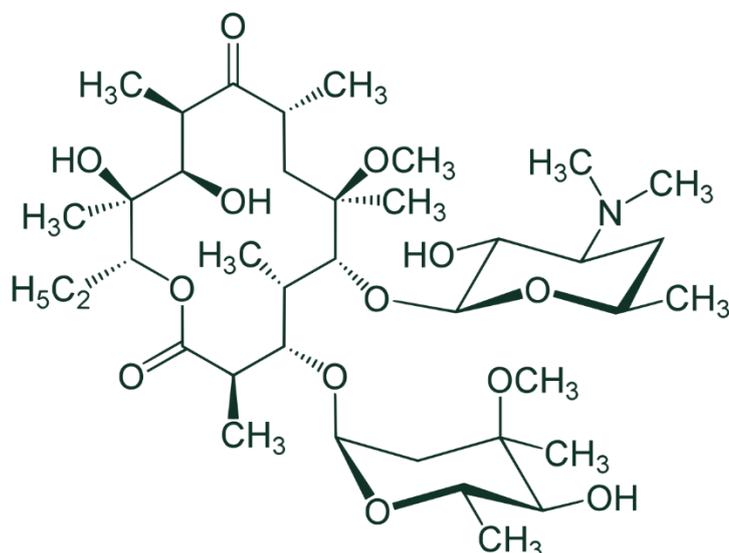
“Um Hospital de Campanha do Exército, com capacidade para 1.200 leitos, foi construído em Boa Vista para atender pacientes infectados com o novo Coronavírus. A construção ocorreu por meio da operação Acolhida, que estava em Paracaima (RR) atendendo refugiados da Venezuela. O funcionamento vai depender dos governos municipal e estadual. O Exército espera que a unidade hospitalar entre em funcionamento amanhã.

A intenção do Exército é desafogar as unidades do sistema público brasileiro de saúde e levar, especificamente, pacientes infectados com o Coronavírus e casos suspeitos da doença para o local.”

(Fonte: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/03/25/coronavirus-exercito-constroi-hospital-com-1200-leitos-em-boa-vista.htm?cmpid=copiaecola>)

A Covid-19 é uma pneumonia viral causada pelo Sars-Cov-2, que se originou na cidade de Wuhan, na China e se espalhou pelo mundo.

Embora seja uma doença viral, alguns dos medicamentos que têm sido testados em diversos países do mundo são antibióticos, como a claritromicina, cuja estrutura é representada a seguir.



Com base na fórmula estrutura apresentada, a claritromicina:

- I – apresenta as funções álcool, éter, éster, cetona e amina.
- II – apresenta 17 carbonos quirais.
- III – apresenta a função amina terciária.
- IV – apresenta apenas dois ciclos, ambos contendo 6 carbonos.

Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

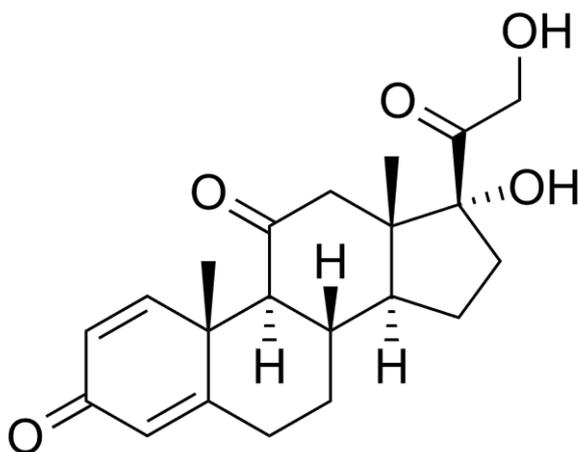
- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas III e IV.
- e) Todas as afirmações.



**57. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A prednisona é um fármaco pertencente ao grupo dos anti-inflamatórios, sendo particularmente efetiva como uma imunossupressante, muito utilizada na prevenção e tratamento de rejeição em transplantes de órgãos.

Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir.



A respeito da prednisona, são feitas as seguintes afirmações:

- I – A sua fórmula molecular é  $C_{21}H_{26}O_5$
- II – Apresenta um anel aromático.
- III – Apresenta as funções cetona, ácido carboxílico e álcool.
- IV – Apresenta 16 isômeros ópticos.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**58. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante a preparação de um relatório de isomeria, foram feitas as seguintes observações por alunos:

- I – O dimetilpropano é um isômero de cadeia do pentano.
- II – O 2,3-dimetil-pentano apresenta um par de enantiômeros.
- III – O 4-metil-4-etil heptano apresenta um carbono terciário na sua estrutura.
- IV – O etoxietano é um isômero de cadeia do butan-1-ol.

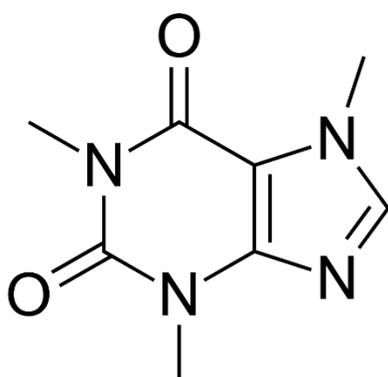
Das afirmações acima, está (ÃO) CORRETA(S):



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

**59. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A cafeína é um alcaloide do grupo das xantinas. É um poderoso estimulante, sendo considerado o princípio ativo de bebidas, como o café. Uma xícara de café contém em média 97 mg de cafeína, cuja fórmula molecular é mostrada a seguir.

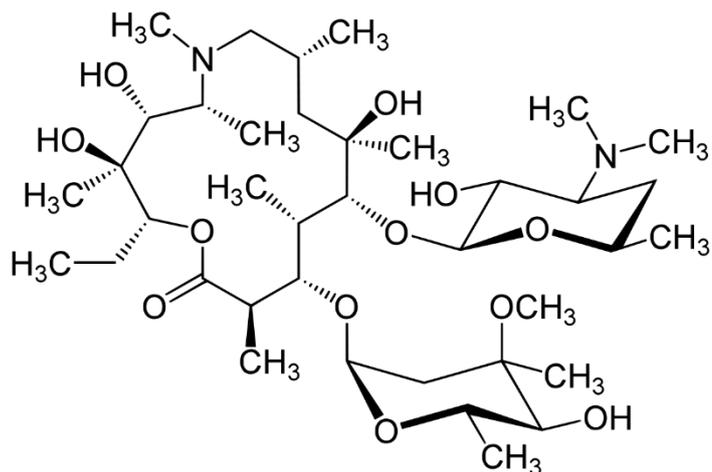


Assinale a alternativa que indica a fórmula molecular da cafeína e as funções orgânicas nela presentes:

- a)  $C_8H_{10}N_4O_2$ ; amida e amina.
- b)  $C_8H_{10}N_4O_2$ ; cetona e amina.
- c)  $C_8H_6N_4O_2$ ; amida e amina.
- d)  $C_8H_6N_4O_2$ ; cetona e amina.
- e)  $C_5H_4N_4O_2$ ; amina.

**60. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A figura a seguir apresenta um composto muito utilizado como antibiótico.

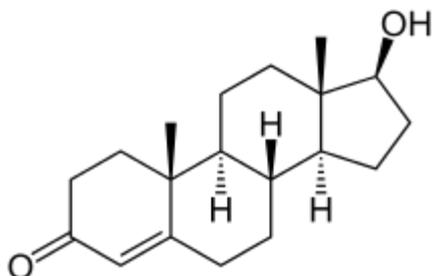


Assinale a alternativa que indica todas as funções orgânicas presentes nesse antibiótico:

- a) álcool, éster, éter e amina.
- b) álcool, fenol, éster e amina
- c) álcool, ácido carboxílico, éter, éster e amina.
- d) álcool, éster e amina.
- e) fenol, éster e amina.

**61. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A testosterona é um importante hormônio masculino, cuja fórmula molecular está representada a seguir:



As funções orgânicas presentes nesse composto são:

- a) Cetona e Álcool
- b) Cetona e Fenol
- c) Aldeído e Álcool
- d) Aldeído e Fenol
- e) Éster e Álcool

**62. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

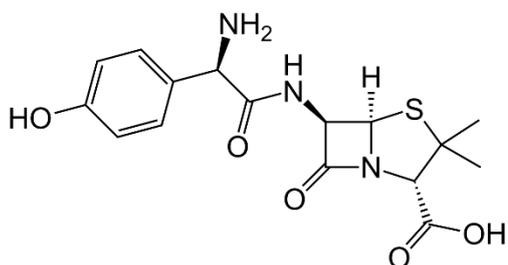
Determine o número de isômeros espaciais do beta-caroteno



- a)  $2^9$
- b)  $2^{10}$
- c)  $2^{11}$
- d)  $2^{12}$
- e)  $2^{13}$

**63. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A amoxicilina é um importante fármaco, de espectro moderado, utilizado no tratamento de infecções bacterianas. É um composto derivado da penicilina, cuja fórmula estrutura é representada a seguir.



A respeito desse composto, são feitas as seguintes afirmações:

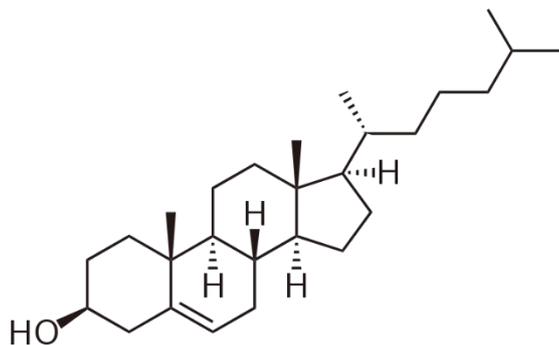
- I – Apresenta um anel aromático.
- II – Pertence à função álcool.
- III – Apresenta 9 carbonos  $sp^2$ .
- IV – Ambos os carbonos ligados ao enxofre são quirais.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**64. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

O colesterol é um hormônio da categoria dos esteróides, é um componente essencial das membranas celulares. É transportado no plasma sanguíneo do ser humano.



A respeito do colesterol, são feitas as seguintes afirmações:

I – Sua fórmula molecular é  $C_{27}H_{44}O$

II – É um álcool policíclico.

III – Pode ser transportado no plasma sanguíneo, porque é bastante solúvel em água.

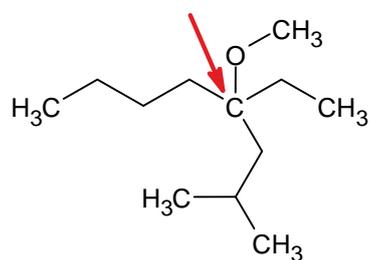
IV – Apresenta mais 6 carbonos quirais.

Das afirmações, está (ão) CORRETA(S):

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

**65. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante uma aula prática de química orgânica, um aluno obteve o seguinte composto.



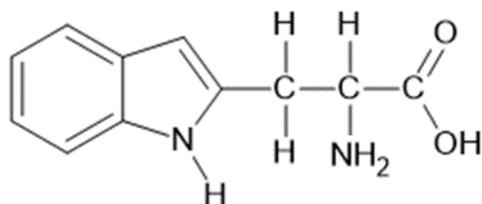
Os radicais ligados ao carbono destacado na molécula são:

- a) n-butil; isobutil; etil; hidróxi
- b) n-butil; sec-butil; metil; metóxi
- c) isobutil; sec-butil; metil; metóxi
- d) n-butil; isobutil; metil; hidróxi
- e) n-butil; isobutil; etil; metóxi

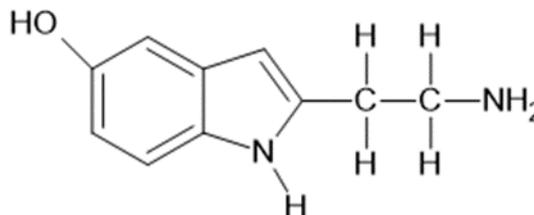


66. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A serotonina é um importante neurotransmissor, associado à sensação de felicidade. Ele é produzido no corpo humano a partir do triptofano. As fórmulas estruturais desses compostos são mostradas a seguir.



**triptofano**



**serotonina**

A respeito desses compostos, são feitas as seguintes afirmações:

I – Ambos apresentam isomeria óptica.

II – A serotonina pode ser obtida pela descarboxilação do triptofano seguida de uma reação de hidroxilação no anel aromático.

III – A fórmula molecular do triptofano é  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ .

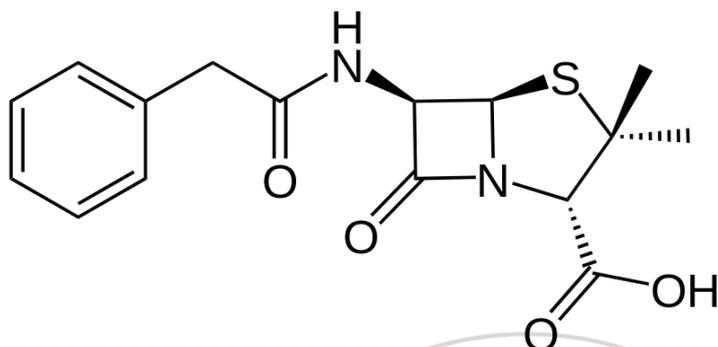
IV – A serotonina apresenta as funções fenol e amina, enquanto o triptofano é um aminoácido.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

67. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A amoxicilina é um antibiótico derivado da penicilina muito utilizado no tratamento de infecções bacterianas. Sua fórmula estrutura está representada a seguir.



A respeito da amoxicilina, assinale a afirmação correta:



I – Apresenta um anel aromático.

II – Apresenta um anel com elevada tensão angular.

III – Apresenta a função ácido carboxílico.

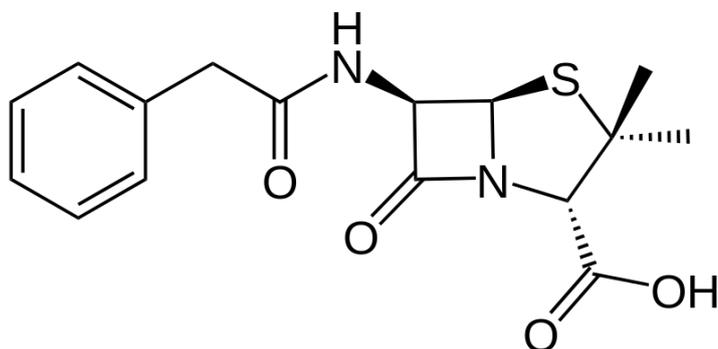
IV – Apresenta as funções amina e cetona.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**68. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A amoxicilina é um antibiótico derivado da penicilina muito utilizado no tratamento de infecções bacterianas. Sua fórmula estrutura está representada a seguir.

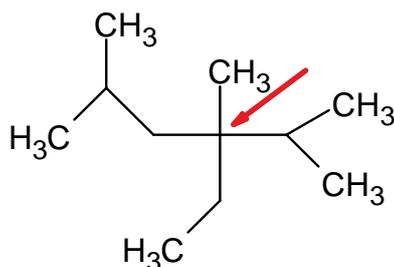


A respeito da amoxicilina, assinale a alternativa que indica o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:

- a) 2 e 10
- b) 2 e 8
- c) 3 e 8
- d) 3 e 12
- e) 4 e 12

**69. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante uma aula sobre hidrocarbonetos, um aluno de uma escola militar se deparou com o seguinte composto:



Assinale a alternativa que indica o nome dos radicais ligados ao carbono destacado com a seta:

- a) metil, etil, n-propil e n-butil.
- b) metil, etil, isopropil e isobutil.
- c) metil, etil, n-propil e isobutil.
- d) metil, etil, n-propil e sec-butil.
- e) metil, etil, isopropil e n-butil.

**70. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante uma aula de química orgânica, alunos de uma escola militar analisaram diversos compostos e os associaram com o tipo de isomeria plana correspondente que eles apresentam entre si. Foram feitas as seguintes associações:

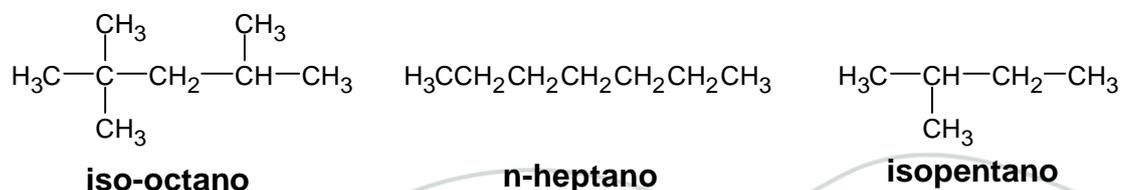
- I – os compostos metoxipropano e etoxietano apresentam metameria.
- II – o prop-2-en-1-ol é um tautômero da propanona.
- III – os compostos hex-2-eno e hex-3-eno apresentam isomeria de posição.
- IV – o etanoato de metila é um isômero de função do ácido propanóico.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**71. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Dentre os compostos encontrados na gasolina, destacam-se:



A respeito desses compostos, são feitas as seguintes afirmações:



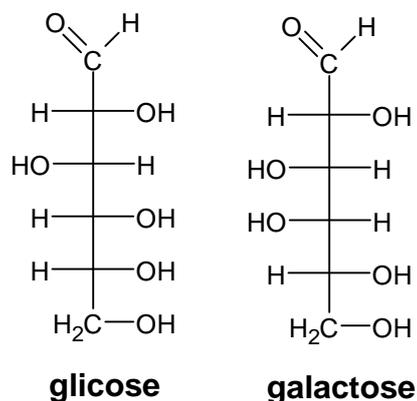
- I – O iso-octano e o n-heptano são isômeros de cadeia.
- II – Uma possível nomenclatura IUPAC para o iso-octano seria 2,2,4-trimetil-pentano.
- III – Encontram-se dois compostos de cadeia ramificada e um composto de cadeia normal.
- IV – Uma possível nomenclatura IUPAC para o isopentano seria metil-pentano.
- V – Todos os compostos apresentam cadeia saturada.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**72. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Considere as seguintes estruturas para a glicose e a galactose:



A respeito da isomeria óptica, assinale a opção correta:

- I – Um par de enantiômeros apresenta exatamente as mesmas propriedades físicas, exceto o sentido do desvio do plano da luz polarizada.
- II – O ácido tartárico (2,3-di-hidróxi-butanodióico) apresenta dois pares de enantiômeros.
- III – A glicose e a galactose são enantiômeros.

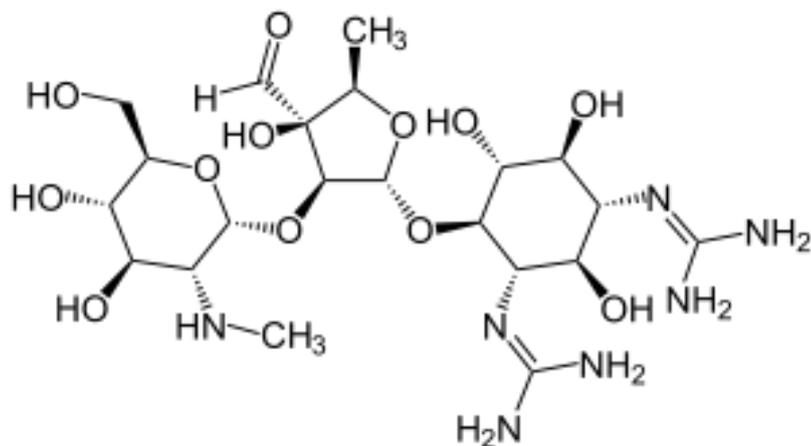
Das afirmações acima, está (ão) correta(s):

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



73. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A estreptomicina é um medicamento antibacteriano, utilizado no tratamento de infecções, como a tuberculose e a brucelose, cuja fórmula estrutural está apresentada a seguir.

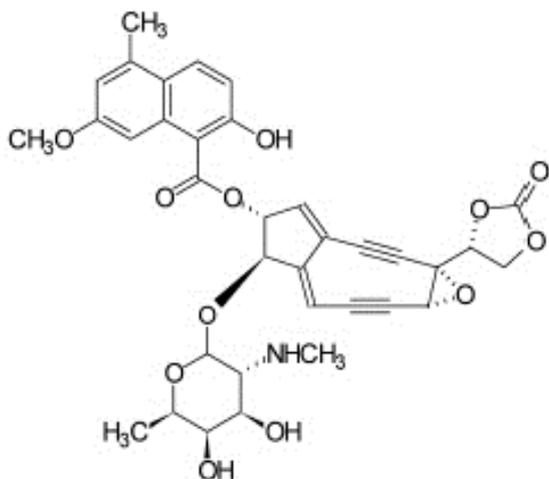


Assinale a alternativa que apresenta o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:

- a) 13 e 3
- b) 15 e 3
- c) 13 e 4
- d) 13 e 6
- e) 15 e 6

74. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.



Assinale a alternativa que indica o número de isômeros ópticos dessa substância:

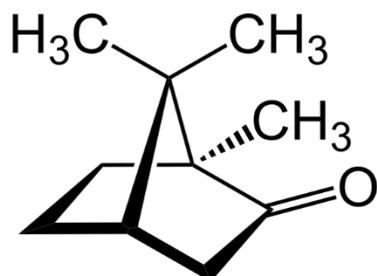
- a)  $2^8$
- b)  $2^9$



- c)  $2^{10}$
- d)  $2^{11}$
- e)  $2^{12}$

**75. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A cânfora é representada pela estrutura a seguir:

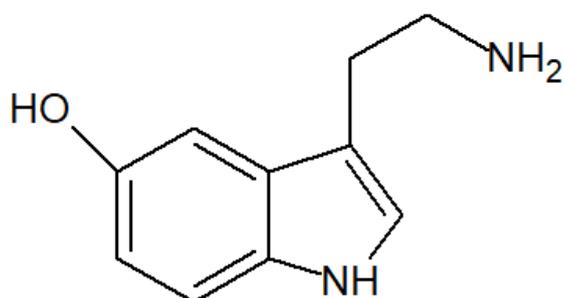


A respeito dos isômeros espaciais apresentados por essa substância, podemos dizer que a cânfora:

- a) Apresenta apenas um par de enantiômeros.
- b) Apresenta apenas um par de diastereoisômeros.
- c) Apresenta dois pares de enantiômeros.
- d) Apresenta quatro diastereoisômeros.
- e) Não apresenta isômeros espaciais.

**76. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A serotonina é conhecida como o hormônio da felicidade. É um importante neurotransmissor que regula o apetite, equilibra o desejo sexual, controla a temperatura corporal e a atividade motora. Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir.



Uma nomenclatura IUPAC

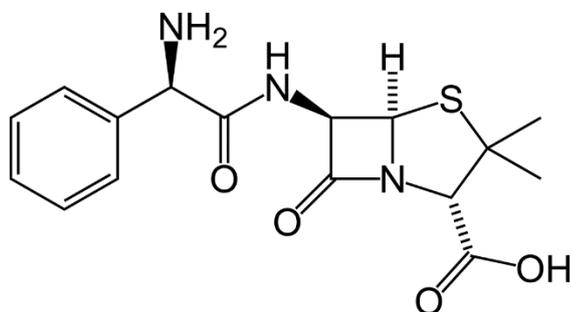
- a) 1,2-[(1,6-diazo)-hex-1,3-ilideno]-4-hidróxibenzeno
- b) 1,2-[(1,6-diazo)-hex-1,3-ileno]-4-hidróxibenzeno
- c) 3,4-[(1,6-diazo)-hex-2-en-1,3-ilideno]-1-hidróxibenzeno
- d) 3,4-[(1,6-diazo)-hex-2-en-1,3-ileno]-1-hidróxibenzeno



e) N-Fenileno-but-2-eno-1,4-diamina

**77. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Dada a estrutura química da amoxicilina:

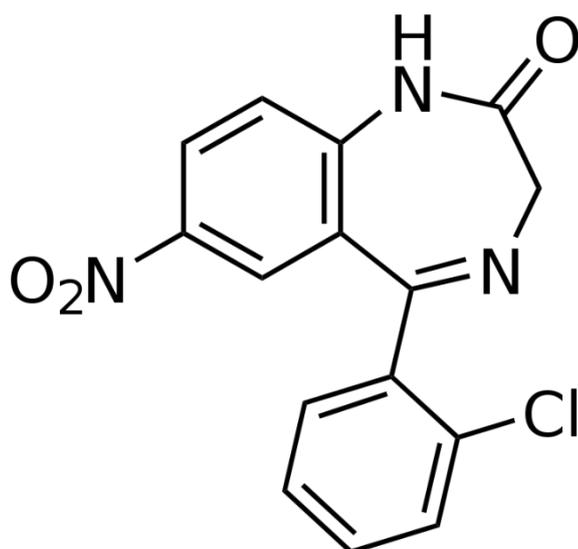


Pode-se afirmar que ela apresenta:

- a) 4 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$
- b) 4 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$
- c) 5 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$
- d) 5 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$
- e) 6 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$

**78. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

O clonazepam é um fármaco que inibe o sistema nervoso central, agindo como anticonvulsivo, facilita o relaxamento muscular e exerce efeito tranquilizante. Sua fórmula molecular é representada a seguir:



As funções orgânicas presentes nesse composto são:

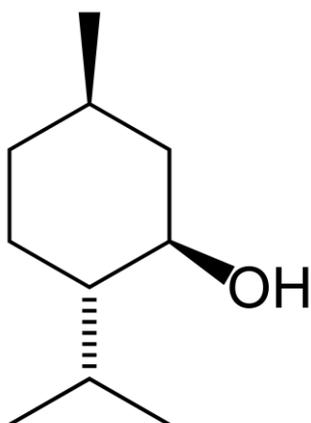
- a) Nitrocomposto, amina, cetona e haleto orgânico.



- b) Nitrocomposto, amida, amina e haleto orgânico.
- c) Nitrocomposto, amida, imina e haleto orgânico.
- d) Nitrocomposto, éster, amina e haleto orgânico.
- e) Éster, amida, imina e haleto orgânico.

**79. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

O mentol é um material ceroso, cristalino, de cor clara ou branca que pode ser extraído de óleos, como o de pimenta. Possui um notório efeito refrescante e anestésico local. Sua estrutura é representada a seguir:



A respeito de sua estrutura, são feitas as seguintes afirmações:

- I – Apresenta 8 estereoisômeros, sendo 4 pares de enantiômeros.
- II – Uma possível nomenclatura para esse composto é 5-metil-2-isopropil-cicloexan-1-ol.
- III – É um álcool secundário de cadeia cíclica.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**80. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Assinale a afirmação que indica um composto que é opticamente ativo:

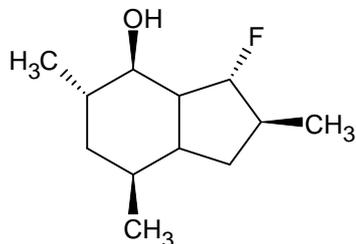
- a) penta-2,3-dieno.
- b) trans-1,4-dicloro-cicloexano
- c) ácido (2R, 3S) di-hidróxi-butanodióico.
- d) cis-1,4-dicloro-cicloexano



e) ácido 2-oxobutanodióico.

**81. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Considere o seguinte composto:



O número de isômeros ópticos que essa estrutura apresenta é:

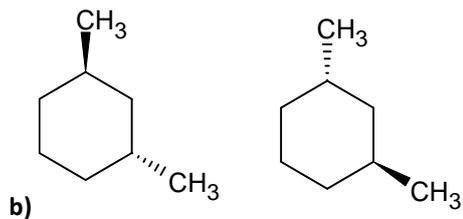
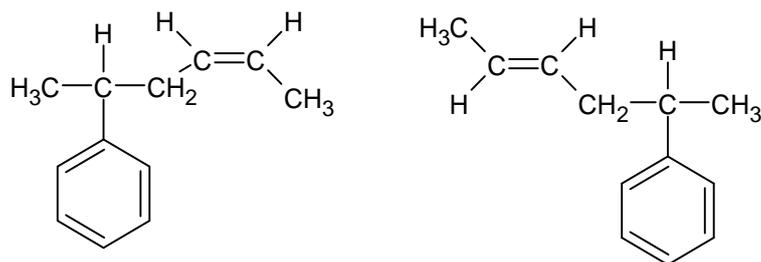
- a) 16
- b) 32
- c) 64
- d) 128
- e) 256

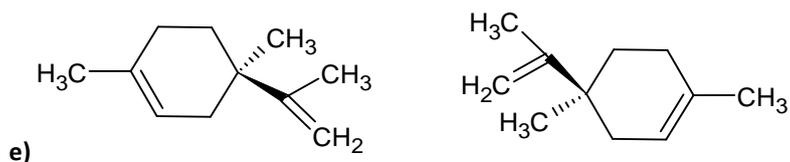
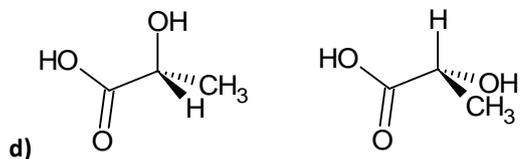
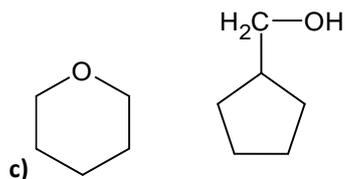
**82. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Proponha uma nomenclatura IUPAC para o retinal.

**83. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

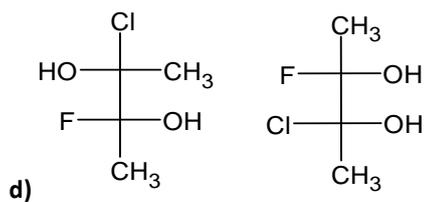
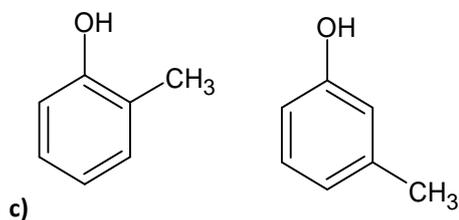
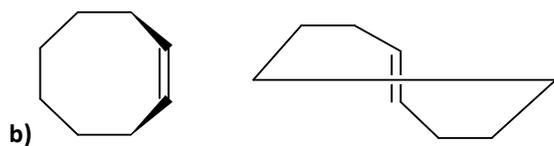
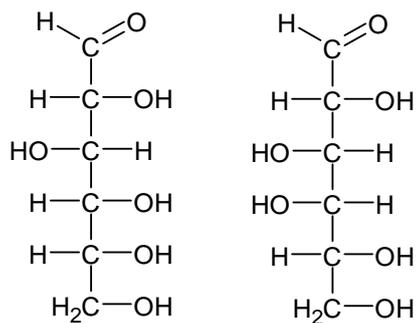
Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.

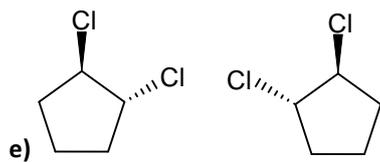




**84. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.





**85. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

**Desenhe as fórmulas estruturais de todos os isômeros (planos e espaciais) do penteno.**



## 7. Gabarito

- |  |                |
|--|----------------|
| 1. discursiva  | 26. discursiva |
| 2. discursiva  | 27. D          |
| 3. discursiva  | 28. A          |
| 4. discursiva  | 29. A          |
| 5. discursiva  | 30. E          |
| 6. discursiva  | 31. A          |
| 7. discursiva  | 32. D          |
| 8. a) Enantiômeros; b) Representações diferentes de um mesmo composto; c) Diastereoisômeros; d) Isômeros constitucionais; e) Representações diferentes de um mesmo composto. | 33. D.         |
| 9. a) Representações do mesmo composto; b) Diastereoisômeros; c) Isomeria Constitucional; d) Representações do mesmo composto; e) Enantiômeros                               | 34. B          |
| 10. discursiva   | 35. discursiva |
| 11. D  | 36. A          |
| 12. D  | 37. C          |
| 13. B  | 38. D          |
| 14. discursiva   | 39. discursiva |
| 15. metilfenilcetona   | 40. D          |
| 16. A  | 41. C          |
| 17. E  | 42. B          |
| 18. C  | 43. C          |
| 19. discursiva   | 44. B          |
| 20. discursiva   | 45. C          |
| 21. a) Mesmo composto; b) enantiômeros; c) enantiômeros; d) diastereoisômeros; e) diastereoisômeros  | 46. E          |
| 22. D  | 47. A          |
| 23. Discursiva   | 48. A          |
| 24. D.   | 49. B          |
| 25. D.   | 50. D          |
|  | 51. A          |
|  | 52. D          |
|  | 53. A          |
|  | 54. B          |
|  | 55. A          |
|  | 56. C          |



57.A  
58.B  
59.C  
60.A  
61.A  
62.A  
63.B  
64.C  
65.E  
66.E  
67.B  
68.D  
69.B  
70.B  
71.C  
72.D

73.E  
74.B  
75.A  
76.C  
77.B  
78.C  
79.E  
80.A  
81.C  
82. (2E,6E)-3,6-dimetil-9-[2,2,6-trimetil-cicloex-2-enil]-nona-2,4,6,8-tetraenal  
83. a) diastereoisômeros; b) enantiômeros; c) constitucionais; d) mesmo composto; e) enantiômeros.  
84. a) diastereoisômeros; b) diastereoisômeros; c) constitucionais; d) enantiômeros; e) enantiômeros.  
85. discursiva



## 8. Lista de Questões Comentadas

### 8.1. Lista de Questões Nível I

#### 6. (IME – 2018)

Assinale a opção que apresenta o número total de isômeros estruturais de aminas com fórmula molecular  $C_4H_{11}N$ .

- a) 3
- b) 4
- c) 7
- d) 8
- e) 9

#### Comentários

Nessa questão, o aluno deve ser bastante cauteloso, pois não pode esquecer nenhum isômero. Eu recomendo você sempre seguir o nosso mnemônico FUNCAPE para localizar os isômeros. Siga a ordem:

**FUN**ção

**CA**deia

**Posi**ção

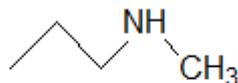
**Espaciais**

Como a questão pediu os isômeros estruturais, não nos interessamos pelos espaciais. Além disso, ela pediu somente as aminas, portanto, não devemos nos preocupar com isômeros de função.

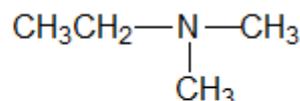
As aminas não possuem isômeros de função propriamente ditos, mas é interessante entrar nessa categoria com os tipos de aminas: primária, secundária e terciária. Vejamos as possibilidades.



**n-butil-amina**



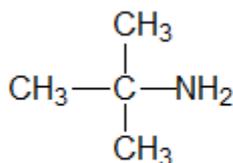
**metil-n-propil-amina**



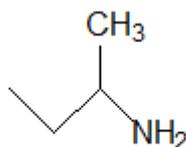
**dimetil-etil-amina**

Agora, vamos aos isômeros de cadeia. Com a fórmula citada, não existe a possibilidade de cadeias cíclicas. Elas somente podem ser normais ou ramificadas. Vejamos as aminas de cadeia ramificada.

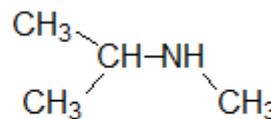
Dentre as representadas acima, somente a amina primária pode apresentar cadeia ramificada, tendo em vista que a ramificação requer uma cadeia de pelo menos 3 carbonos. No entanto, é possível construir uma amina secundária ramificada com 4 carbonos também.



**terc-butil-amina**

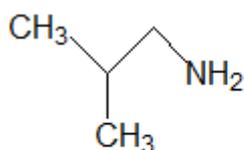


**sec-butil-amina**

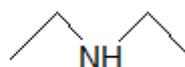


**metil-isopropil-amina**

Por fim, devemos considerar os isômeros de posição. A sec-butil-amina apresenta um isômero de posição e também a amina secundária dietilamina.



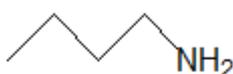
**isobutil-amina**



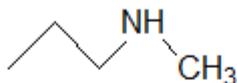
**dietilamina**

Quando concluimos o FUNCAPE, convém verificar novamente. As duas aminas citadas não possuem novos isômeros de função nem de cadeia. Portanto, encontramos aqui os 8 possíveis isômeros com a fórmula molecular pedida e pertencentes à função amina.

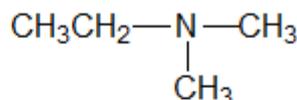
Vamos rever as 8 aminas com a fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$  pedidas.



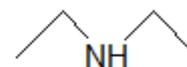
**n-butil-amina**



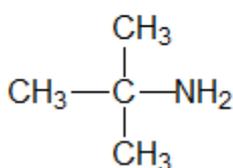
**metil-n-propil-amina**



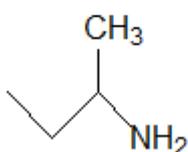
**dimetil-etil-amina**



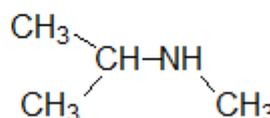
**dietilamina**



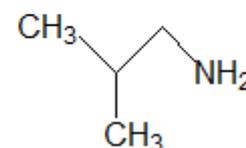
**terc-butil-amina**



**sec-butil-amina**



**metil-isopropil-amina**



**isobutil-amina**

**Gabarito: D**

## 7. (ITA – 2018)

Considere as proposições a seguir:

I – O alceno  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  apresenta cinco isômeros.

II – Existem três diferentes compostos com a fórmula  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$

III – Existem quatro diferentes éteres com a fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$

IV – O trimetilbenzeno tem três isômeros estruturais.

Das proposições acima, estão CORRETAS:

a) Apenas I, II e IV.



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

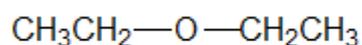
### Comentários

**I – ERRADO.** O alceno em questão apresenta muito mais do que quatro isômeros.

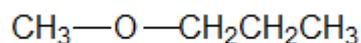
Podemos citar os isômeros de posição: hex-1-eno, hex-2-eno, hex-3-eno. Com cadeia cíclica, temos: ciclohexano, metil-ciclopentano, 1,1-dimetil-ciclobutano, 1,2-dimetil-ciclobutano. Só aí, já temos 7 isômeros e ainda existem outros de cadeia aberta e ramificada.

**II – CERTO.** São eles: 1,1-dicloro-etano e o 1,2-dicloro-etano que apresenta os isômeros E e Z.

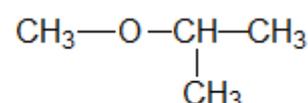
**III – ERRADO.** Forçando a barra, encontramos três éteres. São eles:



**etoxietano**



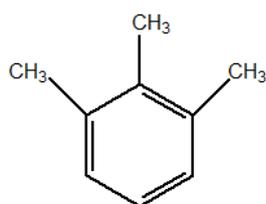
**metoxipropano**



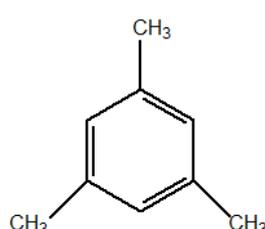
**éter metil-isopropílico**

Vale ressaltar que os éteres com carbonos terciários ou quaternários ligados ao oxigênio não são comuns.

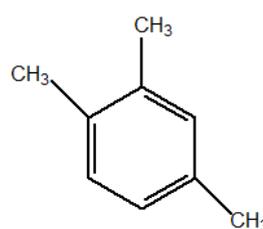
**IV – CERTO.** Com o nome trimetilbenzeno, realmente, só existem três possibilidades. São elas:



**vicinal**



**simétrico**



**antissimétrico**

Sendo assim, teríamos o gabarito na letra D. A despeito disso, o ITA optou por anular a questão sob o confuso argumento:

“Uma das proposições permite uma dupla interpretação, contradizendo outra proposição e levando a nenhuma alternativa estar correta.”

**Gabarito: D**

### 8. (ITA – 2017 – adaptada)

São feitas as seguintes proposições a respeito dos hidrocarbonetos cuja fórmula molecular é  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ :



I. Existem apenas seis isômeros do  $C_5H_{10}$ .

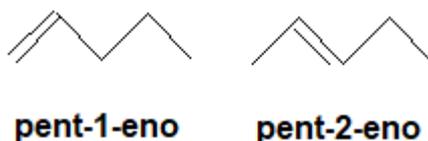
II. Pelo menos um dos isômeros do  $C_5H_{10}$  é quiral.

Das proposições acima é (são) CORRETA(S)

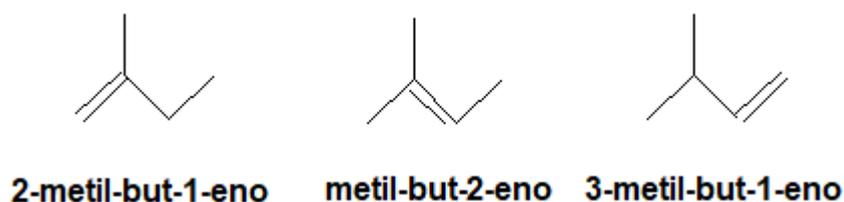
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) I e II.
- d) nenhuma

### Comentários

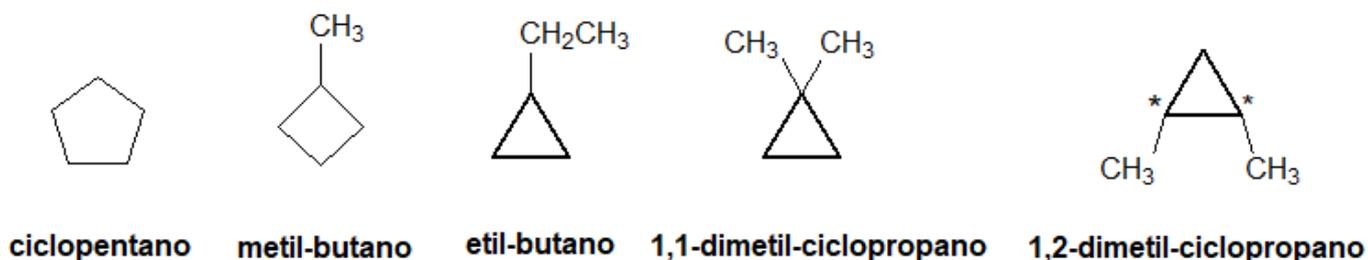
I – Podemos construir vários isômeros. Começemos pelo isômeros de cadeia normal.



Além desses, podemos construir os isômeros de cadeia ramificada, que possuam quatro carbonos na cadeia principal. Não é possível construir com apenas 3 carbonos na cadeia principal.



Vale lembrar que os compostos de cadeia insaturada são isômeros dos compostos de cadeia cíclica.



Sendo assim, só considerando os isômeros constitucionais, são 10 isômeros. Vale lembrar que alguns deles ainda possuem isômeros ópticos e geométricos. Portanto, está errada a afirmativa.

II – O 1,2-dimetil-ciclopropano possui carbonos quirais e iguais, portanto, possui um par de enantiômeros e um mesocomposto. Afirmação correta.



Gabarito: B

9. (ITA – 2012)

São feitas as seguintes afirmações em relação à isomeria de compostos orgânicos:

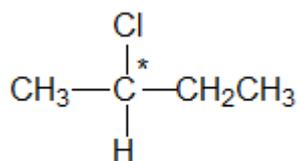
- I. O 2-cloro-butano apresenta dois isômeros óticos.
- II. O *n*-butano apresenta isômeros conformacionais.
- III. O metil-ciclo-propano e o ciclo-butano são isômeros estruturais.
- IV. O alceno de fórmula molecular  $C_4H_8$  apresenta um total de três isômeros.
- V. O alceno de fórmula molecular  $C_5H_{12}$  apresenta um total de dois isômeros.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

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

**Comentários**

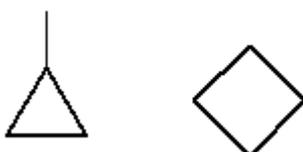
I – De fato, o 2-cloro-butano possui um carbono quiral, portanto, apresenta um par de enantiômeros. Afirmação correta.



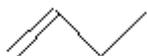
**2-cloro-butano**

II – De fato, o *n*-butano apresenta várias conformações diferentes. Basta imaginar diferentes rotações em torno de qualquer uma das ligações sigma. Porém, não existem isômeros conformacionais. Os conformeros são representações diferentes do mesmo composto, portanto, não são isômeros. Apesar disso, o ITA deu essa questão como certa. Afirmação correta.

III – De fato, são isômeros de cadeia – o metil-ciclopropano é de cadeia ramificada, enquanto que o ciclobutano é de cadeia normal. Afirmação correta.



IV – Somente contando os isômeros planos, existem 6 isômeros diferentes.



**but-1-eno**



**but-2-eno**



**metilpropeno**



**ciclobutano**



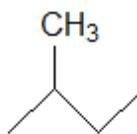
**metil-ciclopropano**

Além disso, o but-2-eno apresenta um par de isômeros geométricos. Portanto, existe um total de 7 isômeros de fórmula molecular  $C_4H_8$ . Afirmação errada.

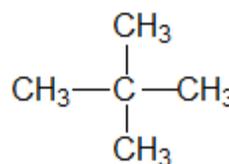
V – Com a fórmula  $C_5H_{12}$ , podemos encontrar três isômeros, sendo dois deles de cadeia ramificada: um, cuja cadeia principal tem quatro carbonos, e outro, cuja cadeia principal tem três carbonos. Afirmação errada.



**pentano**



**metil-butano**



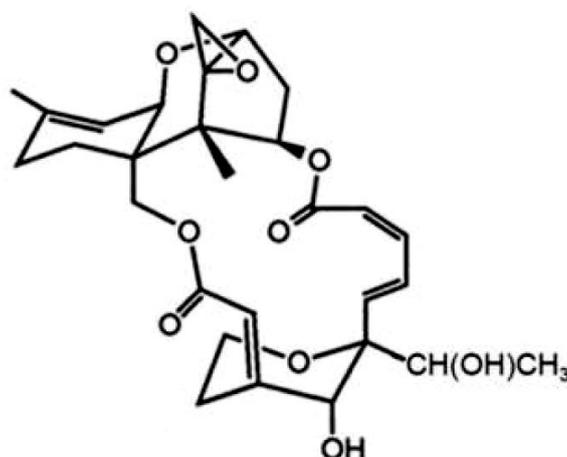
**dimetil-propano**

Sendo assim, a meu ver, as afirmações I e III são as únicas corretas. A questão deveria ter sido anulada.

**Gabarito: A**

**10. (IME – 2018 – 1ª Fase)**

Dada a estrutura química da satratoxina-H abaixo, podemos afirmar que essa molécula possui:



a) 2 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

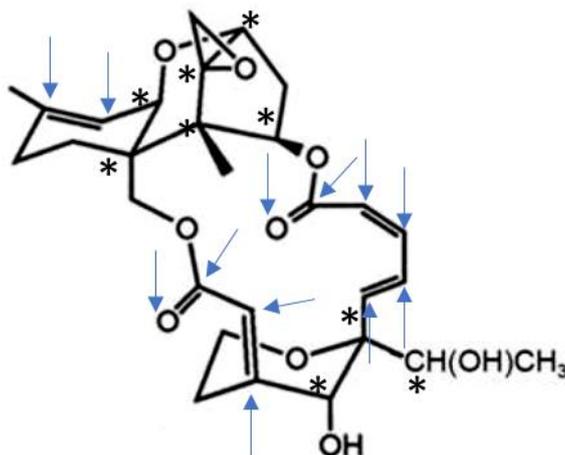
b) 7 centros quirais e 10 átomos  $sp^2$ .



- c) 7 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .
- d) 8 centros quirais e 10 átomos  $sp^2$ .
- e) 9 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

### Comentários

Vamos marcar com (\*) os centros quirais e com uma seta os átomos  $sp^2$ . É importante lembrar que o oxigênio, quando forma uma ligação dupla, também é um átomo  $sp^2$ .

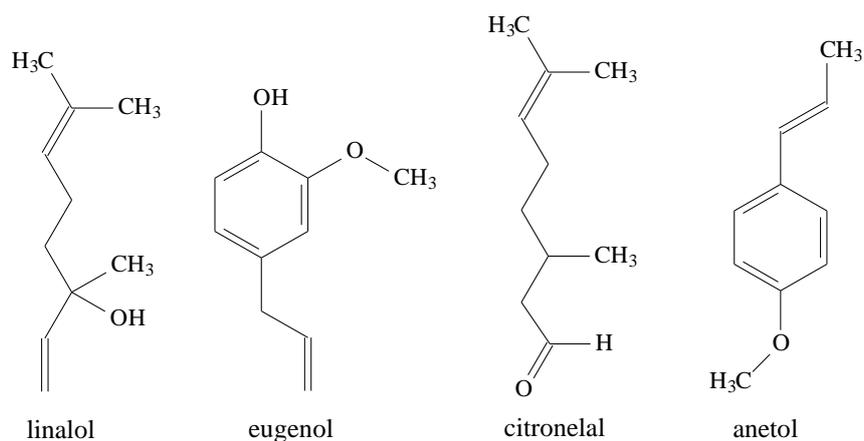


São, portanto, 9 centros quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

**Gabarito: E**

### 11. (FUVEST SP/2012)

As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:



Dentre esses compostos, são isômeros:

- a) anetol e linalol.
- b) eugenol e linalol.
- c) citronealal e eugenol.
- d) linalol e citronealal.



e) eugenol e anetol.

### Comentários

Questão bem interessante. Vejamos.

a) Observe que o anetol tem 5 deficiências de hidrogênio (4 ligações pi e um ciclo). Por outro lado, o linalol apresenta 2 deficiências de hidrogênio. Afirmação incorreta.

b) O eugenol tem 2 átomos de oxigênio, enquanto o linalol tem 1 átomo de oxigênio. Portanto, não são isômeros. Afirmação incorreta.

c) O eugenol tem 2 átomos de oxigênio, enquanto o citronelal tem 1 átomo de oxigênio. Logo, não são isômeros. Afirmação incorreta.

d) Observe que o linalol e o citronelal têm o mesmo número de átomos de carbono e oxigênio. Ambos possuem 2 deficiências de hidrogênio, que são as duas ligações pi. Logo, realmente são isômeros. Afirmação correta.

e) O eugenol tem 2 átomos de oxigênio, enquanto o anetol tem 1 átomo de oxigênio. Logo, não são isômeros. Afirmação incorreta.

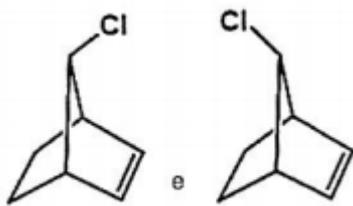
**Gabarito: D**

## 8.2. Lista de Questões Nível II

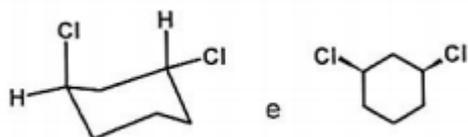
### 12. (IME – 2021 – 2ª Fase)

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.

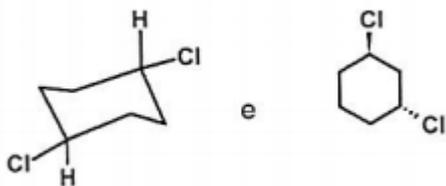
a)



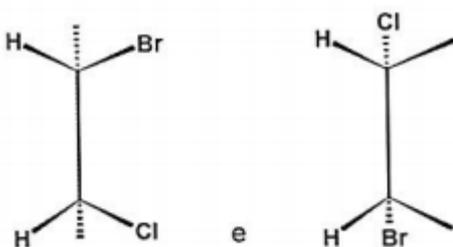
b)



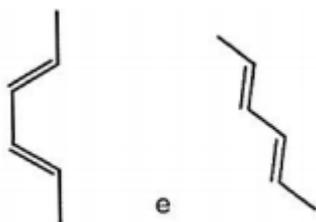
c)



d)

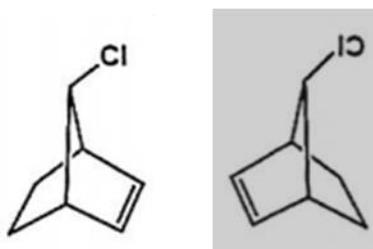


e)



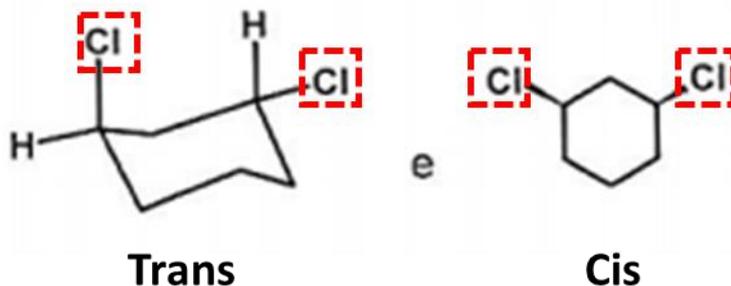
### Comentários

a) Observe que as duas moléculas não são uma a imagem da outra no espelho. Elas também não são iguais, porque, quando rotacionadas, não se obtém moléculas iguais. Note que, ao rotacionar, mudamos a posição da ligação dupla, portanto, as duas moléculas não podem ser sobrepostas.



Como são enantiômeros nem representações do mesmo composto, elas só podem ser diastereoisômeros.

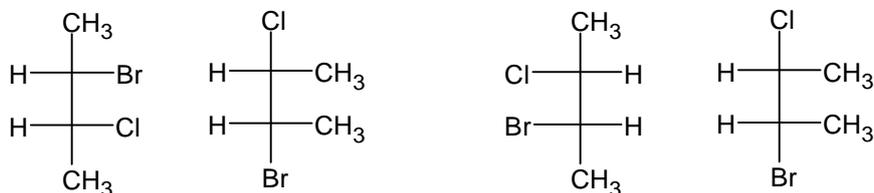
b) São duas representações com o nome 1,3-dicloro-cicloexano. Observe que a primeira é trans, porque tem um átomo de cloro para cima e o outro para baixo. Já a segunda é cis, porque tem os dois átomos de cloro para fora do plano do papel.



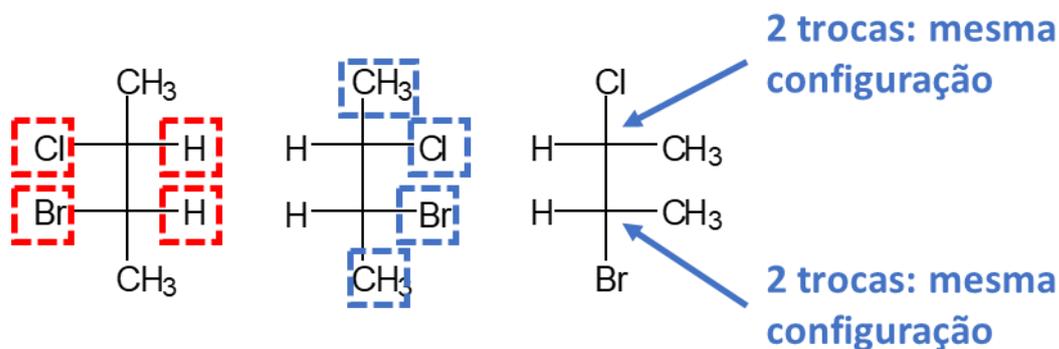
Portanto, as duas moléculas são isômeros cis e trans, ou seja, diastereoisômeros.

c) Note que a primeira molécula é 1,4-dicloro-cicloexano, enquanto a segunda é 1,3-dicloro-cicloexano. Portanto, são isômeros de posição, logo, são isômeros constitucionais.

d) Vamos escrever os dois compostos na forma de Projeções de Fischer. Podemos rotacionar a primeira molécula ao longo do plano do papel para facilitar a comparação.

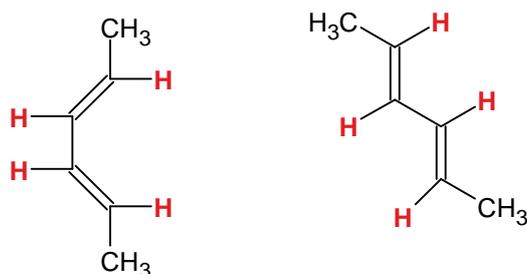


Agora, vamos investigar quantas trocas de grupos ligantes são necessárias para transformar a molécula da esquerda na segunda.

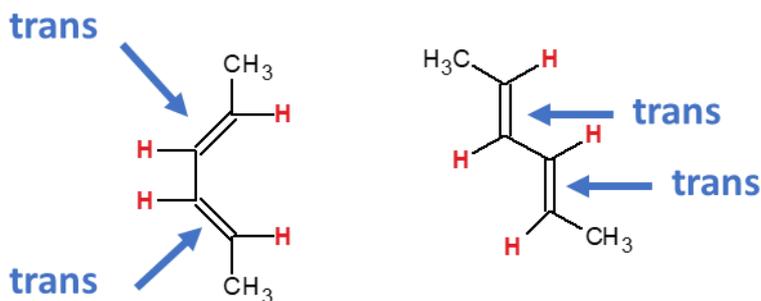


Como foi mantida a mesma configuração em todos os carbonos, tratam-se de duas representações do mesmo composto.

e) Observe que as duas estruturas têm ligações duplas.



Vamos observar a configuração cis-trans nas duas moléculas.



Como as configurações dos carbonos são exatamente iguais nas duas moléculas, tem-se representações diferentes do mesmo composto.

**Gabarito:** a) diastereoisômeros; b) diastereoisômeros; c) constitucionais; d) mesmo composto; e) mesmo composto

### 13. (ITA 2021 – 2ª Fase)

Considere o composto 2,4-pentanodiona.

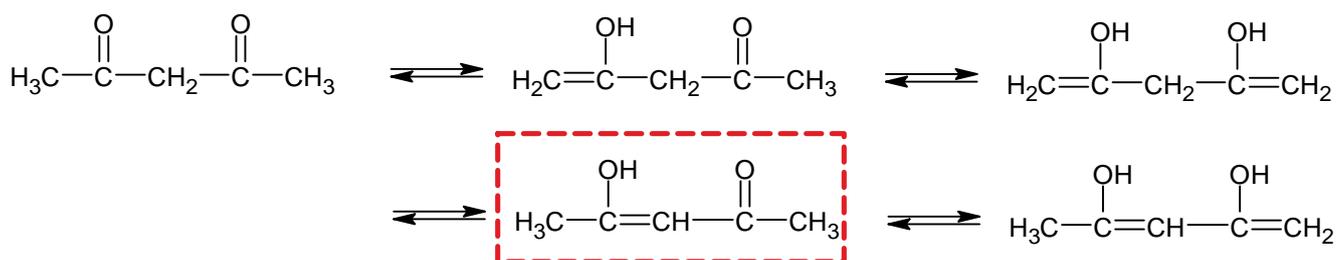
a) Escreva, utilizando fórmulas estruturais, a equação química que representa o equilíbrio tautomérico deste composto com a sua forma enólica.

b) Desenhe as estruturas de ressonância da forma enólica do item a).

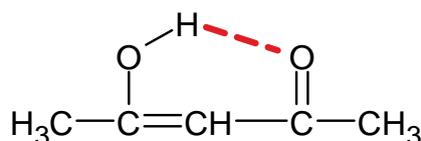
c) Explique por que a 2,4-pentanodiona é um composto ácido.

#### Comentários

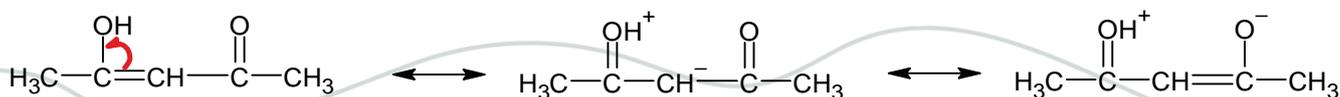
a) A dicetona em apreço apresenta várias estruturas tautoméricas.



A estrutura em destaque é especialmente estável, porque há ressonância entre as ligações duplas e também porque o hidrogênio do enol se estabiliza por ligações de hidrogênio com a carbonila.

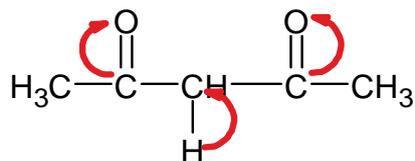


b) É importante observar as estruturas de ressonância característica das cetonas.





c) Como as carbonilas são fortes grupos removedores de elétrons, o hidrogênio alfa a ambas as carbonilas apresenta um relativo caráter ácido.



**Gabarito: discursiva**

**14. (IME – 2021 – 2ª Fase)**

Determine o número de pares de enantiômeros para um composto de estrutura molecular octaédrica, cujo átomo central  $X$  esteja ligado a seis ligantes distintos ( $A, B, C, D, E$  e  $F$ ) e que não possuam estereocentros. Justifique.

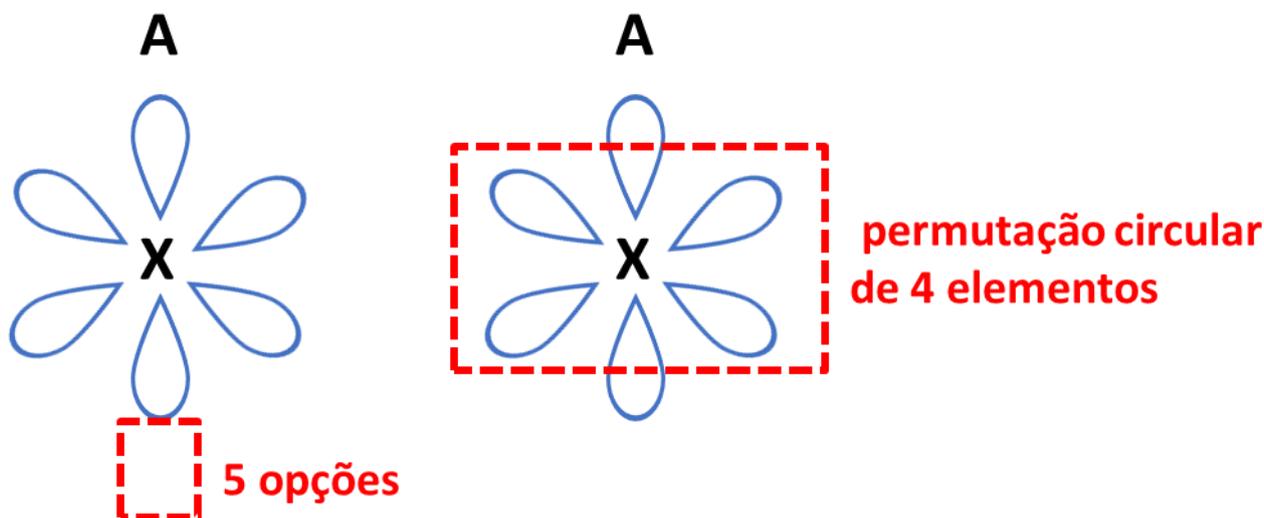
**Comentários**

Essa é uma questão de Análise Combinatória – meu ramo favorito da Matemática – em uma prova de Química.

Primeiramente, computemos a quantidade total de isômeros. Perceba que podemos permutar  $A, B, C, D, E$  e  $F$  em torno de  $X$  sem preocupar-se com repetições, e depois descobrir quantas vezes cada uma das configurações foi contada, para que possamos saber quantas configurações únicas existem.

Para isso, vamos fixar o ligante  $A$  no vértice superior do octaedro. Isso é sempre possível, porque, qualquer que seja a posição escolhida para o ligante  $A$ , ele pode ser posicionado no vértice superior por uma simples rotação da molécula. Ao fazer assim, estamos evitando contar duas vezes a rotação da molécula.

Para o átomo que vai ser colocado do vértice oposto ao que foi colocado o ligante  $A$ , temos 5 opções, pois pode ser qualquer um dos outros ligantes.



Por fim, sobraram 4 átomos que podem ser colocados no quadrado que define a base do octaedro. Como esse quadrado pode ser rotacionado, o número de possibilidades é uma permutação circular de 4 elementos. Dessa forma, o número de isômeros possíveis é:



$$N = 5. PC(4) = 5.3! = 5.6 = 30$$

Ora, como contamos todas as configurações únicas possíveis e sabemos que há uma relação de um para um entre os enantiômeros (perceba que todos os compostos gerados são quirais), teremos 15 pares de enantiômeros no total.

**Gabarito: 15**

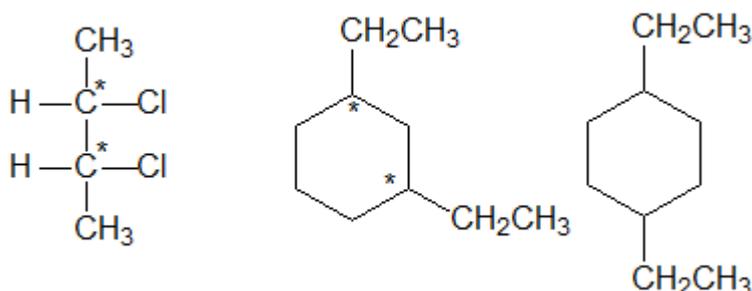
**15. (ITA – 2020 – 2ª Fase)**

Considere a conformação estrutural das moléculas 1,3-dietilcicloexano, 1,4-dietilcicloexano e 2,3-diclorobutano. Pedem-se:

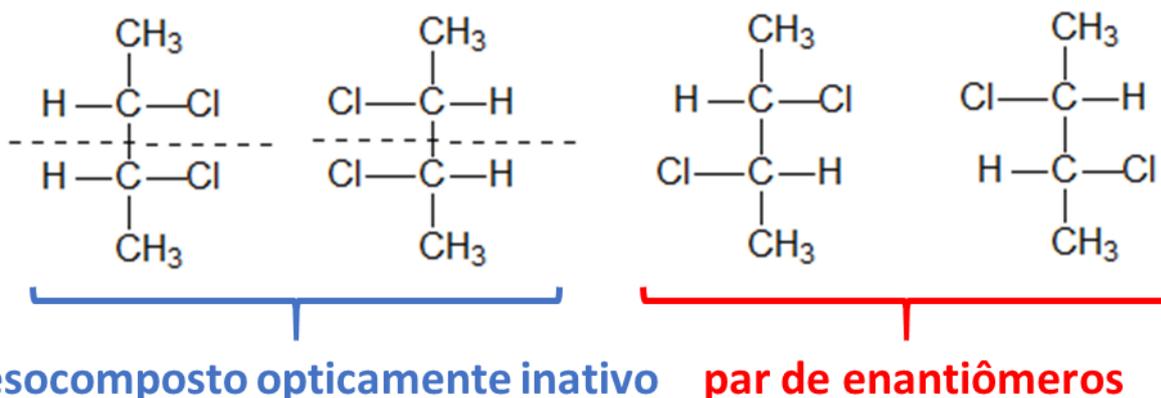
- Desenhe todas as estruturas conformacionais;
- Determine o número de centros quirais em cada molécula;
- Identifique todos os pares enantioméricos e os compostos meso, se presentes.

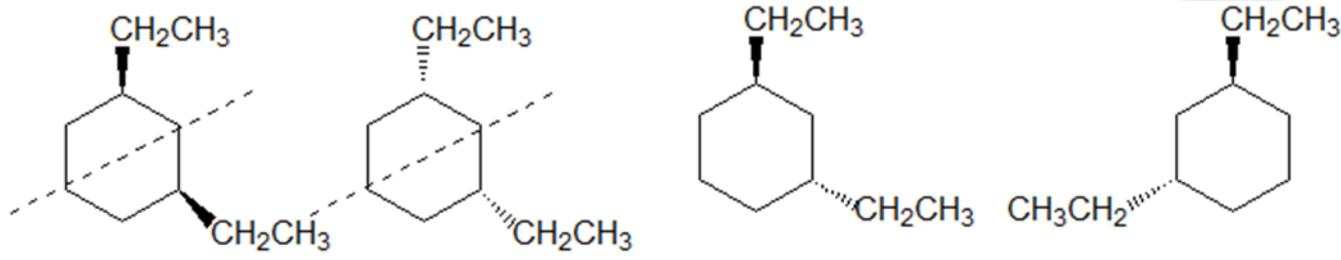
**Comentários:**

Vamos destacar os carbonos quirais presentes nas moléculas pedidas.



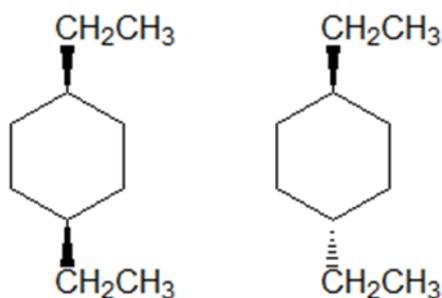
Observe que as moléculas de 2,3-diclorobutano e 1,3-dietilcicloexano apresentam dois carbonos quirais iguais. Portanto, elas apresentam um par de enantiômeros e um mesocomposto opticamente inativo. Já o 1,4-dietilcicloexano não apresenta carbono quiral. Esse composto apresenta isomeria cis-trans, mas não apresenta pares de enantiômeros.





**mesocomposto opticamente inativo**

**par de enantiômeros**



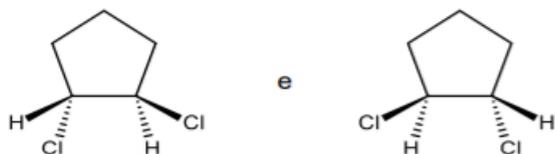
**par de diastereoisômeros opticamente inativos**

Gabarito: discursiva

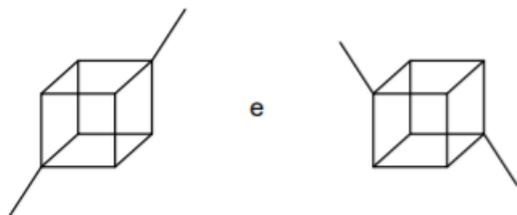
16. (IME – 2020 – 2ª Fase)

Estabeleça a relação entre os pares cujas estruturas estão representadas abaixo, identificando-os como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.

a)



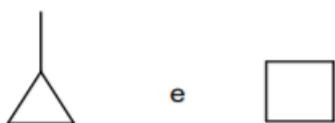
b)



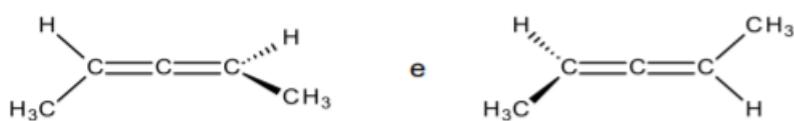
c)



d)



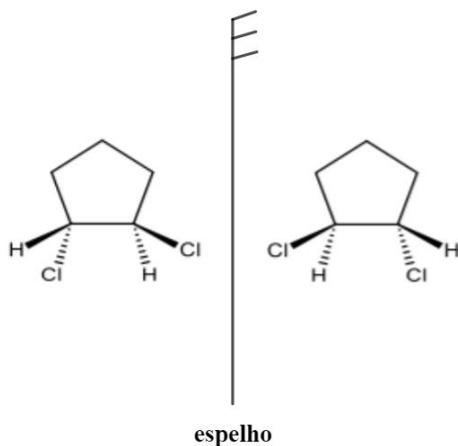
e)



### Comentários

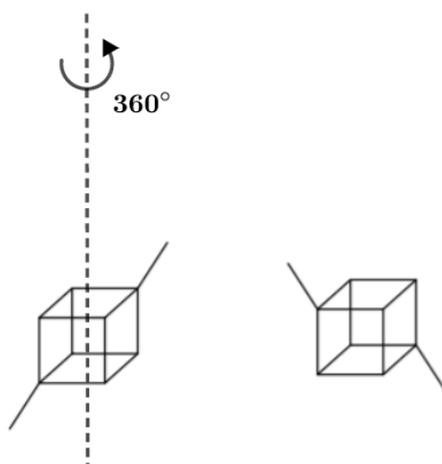
a) Enantiômeros.

Note que os compostos são imagens espelhadas uma da outra.



b) Representações diferentes de um mesmo composto.

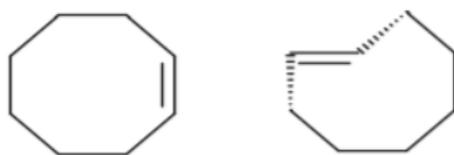
Girando-se um dos compostos em  $360^\circ$  ao longo de um eixo vertical, obtemos o outro composto.



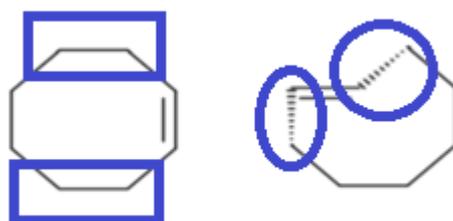


c) Representações diferentes do mesmo composto.

Vale notar que o ciclo-octeno pode apresentar isomerismo cis-trans em torno da ligação dupla. Porém, ambas as formas mostradas são do tipo **cis**.



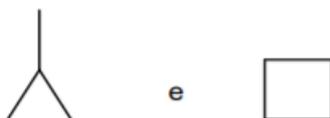
Na representação à esquerda, a continuidade da molécula está para a esquerda de ambos os carbonos da ligação dupla. Na representação à direita, a continuidade da molécula está para baixo de ambos os carbonos da ligação dupla.



Portanto, as continuidades da cadeia cíclica se localizam do mesmo lado em ambas as moléculas. Portanto, tem-se duas representações para o isômeros cis.

d) Isômeros constitucionais.

Nesse caso, temos isômeros de cadeia.



e) Representações diferentes de um mesmo composto.

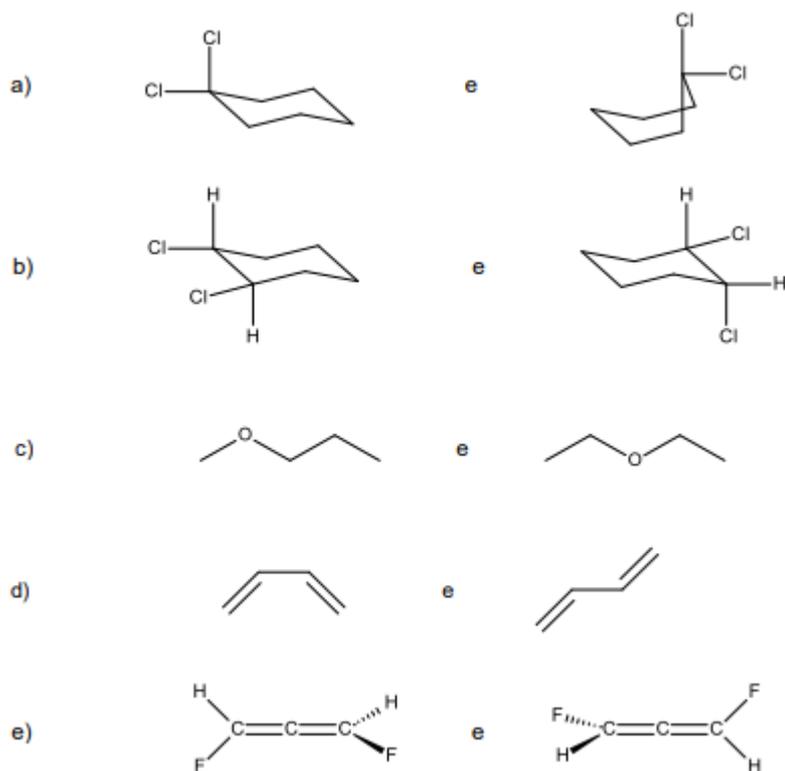
Girando-se um dos compostos em  $180^\circ$  em torno do eixo das cotas, obtemos o outro composto.



**Gabarito: a) Enantiômeros; b) Representações diferentes de um mesmo composto; c) Diastereoisômeros; d) Isômeros constitucionais; e) Representações diferentes de um mesmo composto.**

### 17. (IME – 2019)

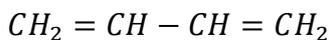
Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



### Comentários

Vamos analisar cada um dos itens.

- a) São duas conformações diferentes do 1,1-dicloro-cicloexano. Portanto, são representações do mesmo composto.
- b) Tem-se um caso de isomeria geométrica cis-trans em torno do ciclo. Portanto, tratam-se de diastereoisômeros.
- c) É um caso de metameria, porque a diferença entre os isômeros em apreço é dada pela posição do heteroátomo. É um caso de isomeria constitucional.
- d) O 1,3-butadieno não admite isomeria geométrica, porque tem dois grupos iguais ligados nos carbonos das extremidades.



Portanto, são duas representações do mesmo composto.

- e) Tem-se um caso de enantiômeros, sem a presença de carbonos quirais.

Vale ressaltar que a forma mais adequada de responder à questão:

- a) Representações do mesmo composto.
- b) Diastereoisômeros.
- c) Isomeria Constitucional
- d) Representações do mesmo composto.
- e) Enantiômeros

**Gabarito: a) Representações do mesmo composto; b) Diastereoisômeros; c) Isomeria Constitucional; d) Representações do mesmo composto; e) Enantiômeros**



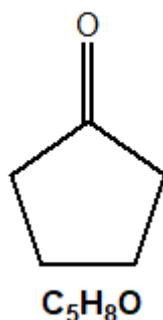
### 18. (IME – 2018)

Dê as fórmulas estruturais de dez isômeros monocíclicos de cinco membros da ciclopentanona.

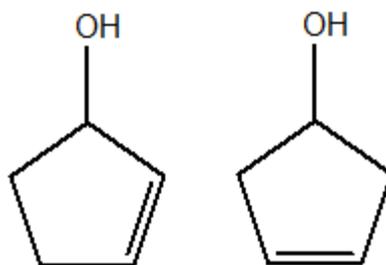
#### Comentários

Essa foi uma questão de isomeria que fugiu bastante do tradicional. De qualquer maneira, vale a pena seguir o algoritmo. Pesquisemos os isômeros de função.

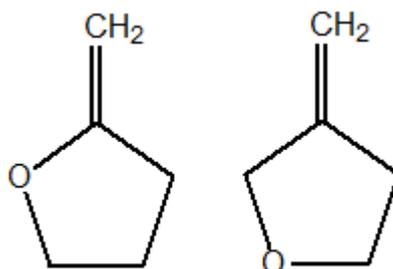
Sabemos que as cetonas são isômeros de aldeídos. Porém, é impossível construir um aldeído com um anel de cinco membros que possua fórmula molecular  $C_5H_8O$ , a mesma da ciclopentanona.



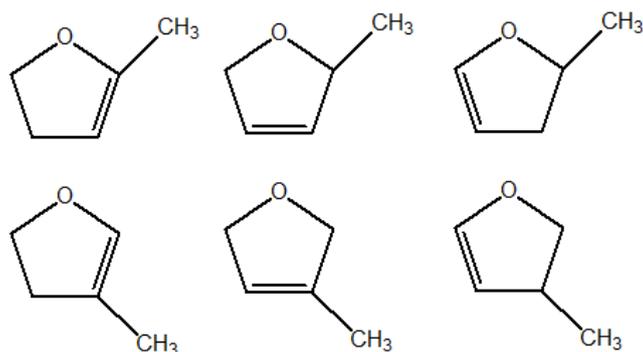
Podemos perceber que as cetonas poderiam ser isômeras de um álcool de cadeia monoinsaturada. Podemos, ainda escrever dois isômeros de posição mudando apenas a posição da instauração.



Agora, podemos nos lembrar que os álcoois são isômeros dos éteres. É possível construir um éter criando um anel de 5 membros heterocíclico. Nesse caso, necessariamente, haverá uma ramificação que conterà um carbono. A instauração pode ficar para fora do anel, como nos dois isômeros ilustrados a seguir.

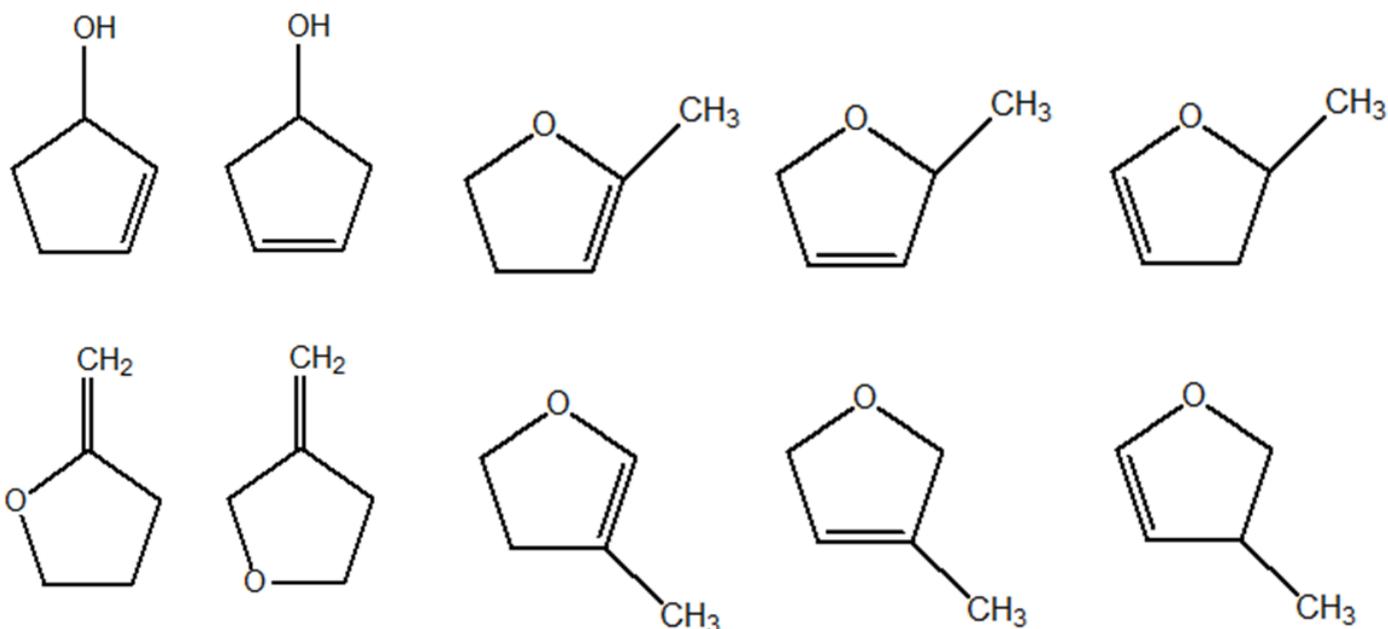


Pode-se ainda deixar a ramificação saturada nas posições mostradas acima. Variando apenas a posição da instauração, obtemos também um bom número de isômeros.



**Obs.:** Embora eu tenha explicado bastante a questão, a minha experiência é que os corretores do IME simplesmente riscam as explicações e se interessam apenas pelas fórmulas desenhadas. Por isso, eu recomendo que você não justifique as suas respostas nas questões em que ele pede os isômeros.

Uma boa resolução na hora da prova do IME seria simplesmente escrever as fórmulas estruturais dos isômeros encontrados, como a seguir.



**Gabarito: discursiva**

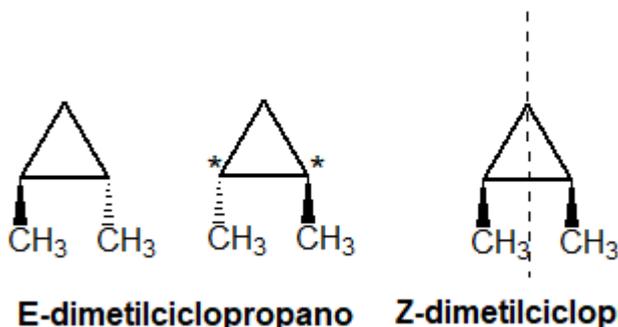
### 19. (IME – 2015)

Desenhe as fórmulas estruturais espaciais de todos os isômeros do dimetilciclopropano, escrevendo as respectivas nomenclaturas IUPAC.

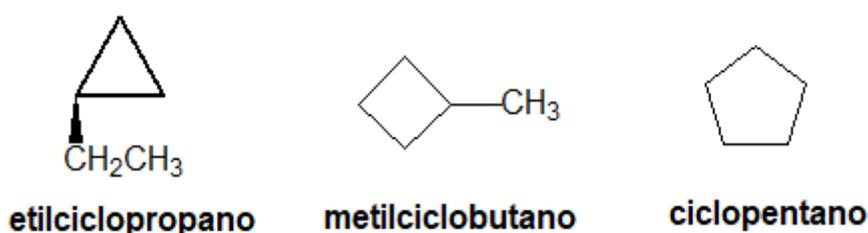
#### Comentários

Na minha opinião, o IME foi até bondoso no enunciado, tendo em vista que os alunos tendem a esquecer os isômeros de cadeia cíclica.

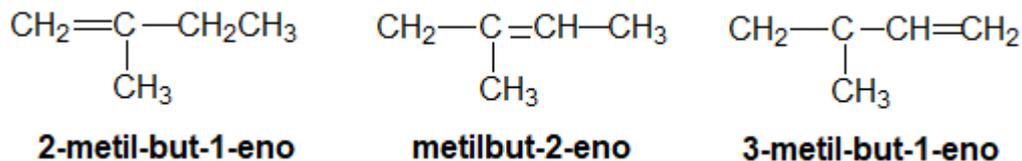
O dimetilciclopropano, na verdade, corresponde a três isômeros ópticos. Note que são dois carbonos quirais iguais, portanto, há um par de enantiômeros e um mesocomposto.



Agora, vamos começar a pesquisar os isômeros de cadeia. Começemos pelos isômeros de cadeia cíclica. Ainda com o ciclo de três carbonos, existe o etilciclopropano. Também podemos citar o isômero de quatro carbonos: o metilciclobutano e o de cinco carbonos.

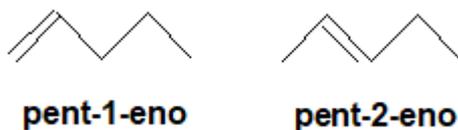


Agora, devemos nos lembrar que os compostos de cadeia cíclica são isômeros dos alcenos. Não é possível construir um alceno ramificado, cuja cadeia principal tenha 3 carbonos. Então, tentemos a cadeia principal com 4 carbonos. Encontramos as seguintes possibilidades.

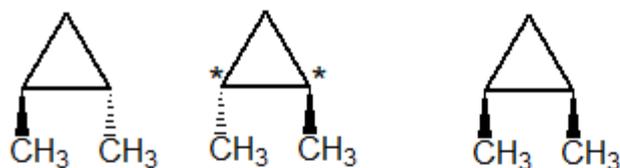


É interessante observar que, embora possamos falar metilbutano e metil-but-2-eno, não podemos falar metil-but-1-eno, porque isso geraria ambiguidade. Nesse último caso, devido à presença da dupla, devemos efetuar a numeração.

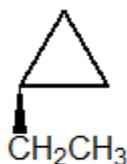
Por fim, vamos desenhar os isômeros, cuja cadeia principal tem 5 carbonos.



Vale ressaltar que, na prova do IME, a resposta mais adequada seria lacônica. Sem muitas explicações. Apenas desenhe as fórmulas dos isômeros e dê seus respectivos nomes IUPAC.



**E-dimetilciclopropano    Z-dimetilciclopropano**



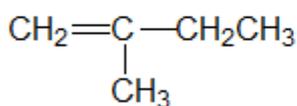
**etilciclopropano**



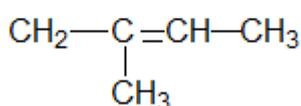
**metilciclobutano**



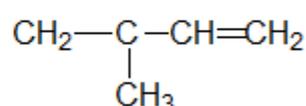
**ciclopentano**



**2-metil-but-1-eno**



**metilbut-2-eno**



**3-metil-but-1-eno**



**pent-1-eno**



**pent-2-eno**

**Gabarito: discursiva**

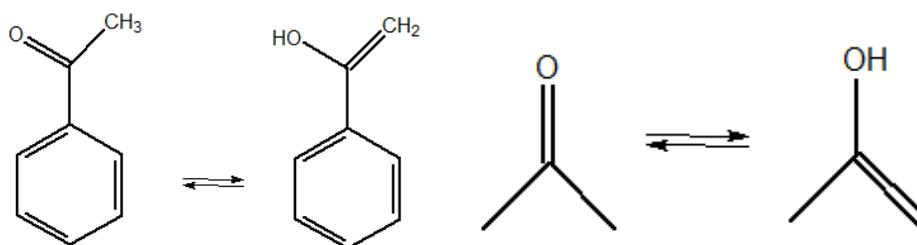
**20. (ITA – 2015)**

Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

- Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.
- Qual das duas cetonas acima tem maior conteúdo enólico? Justifique.

**Comentários**

Ambas as cetonas encontram-se em equilíbrio tautomérico, de acordo com a equação:



Devido ao anel benzênico, que contribui para estabilizar por ressonância o enol, a metilfenilcetona apresenta um maior conteúdo enólico que a propanona.

**Gabarito: metilfenilcetona**

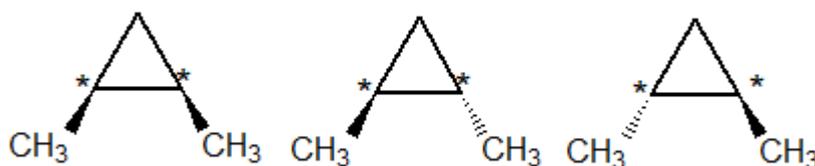
### 21. (IME – 2017 – 1ª Fase)

Assinale a alternativa correta.

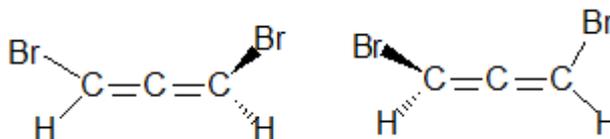
- a) O 1,2-diclorociclopentano pode ser encontrado em duas configurações estereoisoméricas.
- b) O metilciclohexano pode ser encontrado em duas configurações estereoisoméricas, que diferem entre si na posição do grupo metila (equatorial ou axial).
- c) Existem dois enantiômeros do 1,3-dibromopropadieno.
- d) Existem três diastereoisômeros do 1,4-diclorocicloexano.
- e) Existem dois enantiômeros do 1,2-dicloroeteno.

#### Comentários

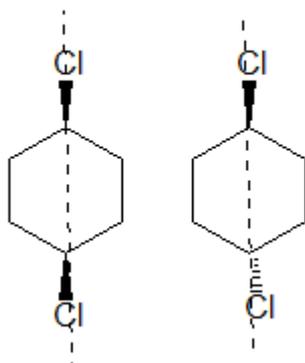
- a) O 1,2-diclorociclopentano possui dois carbonos quirais iguais, portanto, apresenta um par de enantiômeros e um mesocomposto. Afirmação errada.



- b) Esse item deve ser melhor estudado no Capítulo sobre Alcanos.  
 c) O IME está viciado nesse caso de estereoisomeria. Sim. É um caso de atividade óptica, mesmo sem a existência de carbono quiral. Afirmação correta.



- d) O 1,4-diclorocicloexano apresenta apenas um par de diastereoisômeros (cis e trans). Ambos os isômeros apresentam planos de simetria, portanto, não possuem enantiômeros. Afirmação errada.



- e) Não são enantiômeros, mas sim um par de isômeros geométricos, portanto, diastereoisômeros. Afirmação errada.

**Gabarito: C**

---

## 22. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Explique por que é impossível isolar em solução aquosa um dos isômeros ópticos do 2-aminopropanal.

### Comentários

Se um dos isômeros fosse isolado, imediatamente, ele re-estabeleceria o equilíbrio tautomérico com o amino-enol correspondente. Como o amino-enol é aquiral, ele produziria novamente o outro isômero óptico.

**Gabarito: discursiva**

---

## 23. (IME – 2011)

Para cada composto abaixo, apresente as fórmulas estruturais planas das formas tautoméricas, se houver, ou justifique a inexistência de tautomeria.

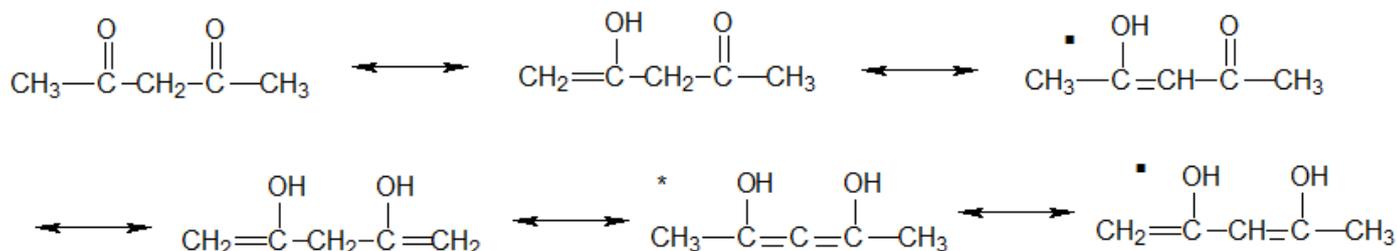
a)  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3$

b) Aldeído benzoico

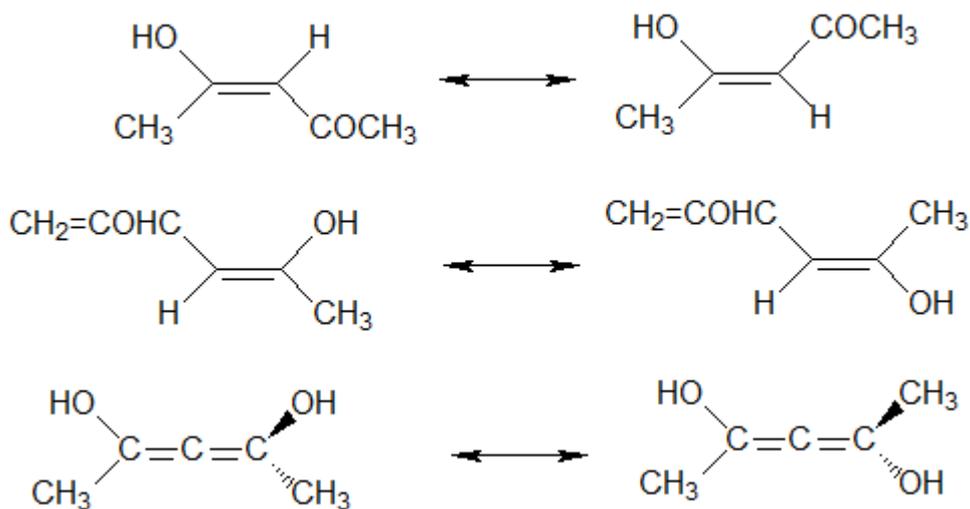
### Comentários

a) A 2,4-pentanodiona apresenta várias formas tautoméricas. Vale ressaltar que a molécula é simétrica, portanto, as formas tautoméricas obtidas a partir do carbono da esquerda e do da direita são iguais. Portanto, não precisamos escrevê-las em duplicata.

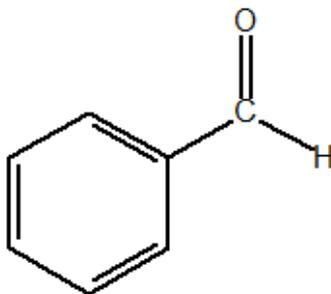
Na primeira linha, escrevemos os tautômeros de apenas uma carbonila transformada. Na segunda linha, escrevemos todos os tautômeros possíveis com duas carbonilas transformadas.



Os compostos assinalados em (\*) admitem isômeros ópticos e. Ambos participam da tautomeria.



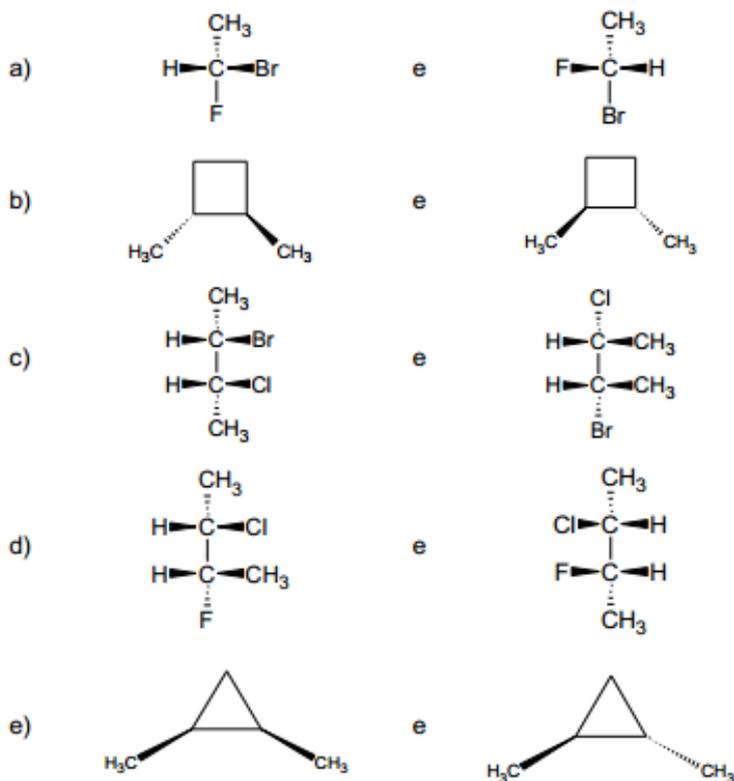
**b)** O aldeído benzoico não apresenta formas tautoméricas, porque não apresenta hidrogênio no carbono alfa ao grupo carbonila.



**Gabarito: discursiva**

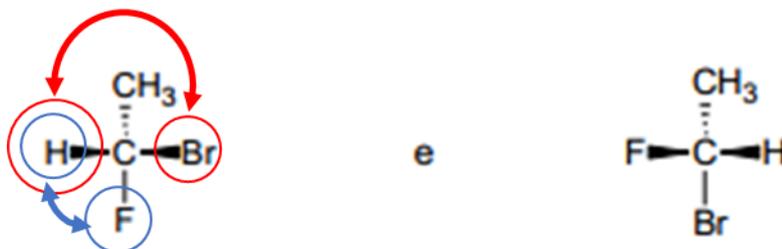
**24. (IME – 2014)**

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



### Comentários

a) Como ocorreram duas trocas de posições (H por F e H por Br), trata-se de duas representações do mesmo composto.



b) Observe que as duas moléculas uma são a imagem da outra no espelho. E elas são diferentes, não sendo possível superpô-las. Portanto, são enantiômeros. Vale observar que a molécula em questão tem dois carbonos quirais iguais, portanto apresenta um par de enantiômeros (trans) e um mesocomposto (cis), que apresenta um plano de simetria.

c) Ocorre uma troca em cada carbono quiral, portanto são enantiômeros.

d) O carbono quiral de cima está em configuração invertida (uma troca Cl por H). Já o carbono quiral de baixo está na mesma configuração (duas trocas: H por F e H por CH<sub>3</sub>). Portanto, trata-se de diastereoisômeros.

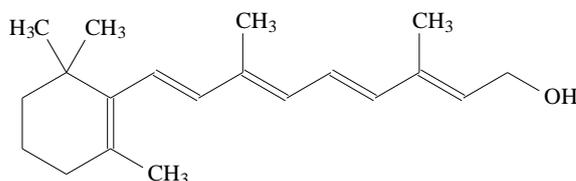
e) São isômeros geométricos, do tipo cis-trans, portanto diastereoisômeros.

**Gabarito:** a) Mesmo composto; b) enantiômeros; c) enantiômeros; d) diastereoisômeros; e) diastereoisômeros

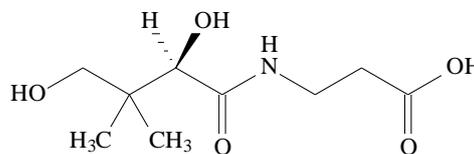


**25. (UNESP SP/2016/Ciências da Natureza)**

Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



retinol

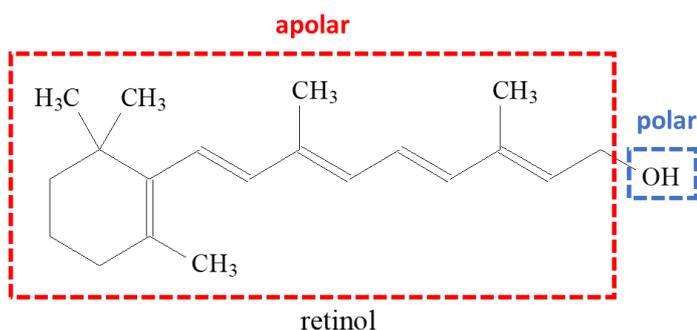


ácido pantotênico

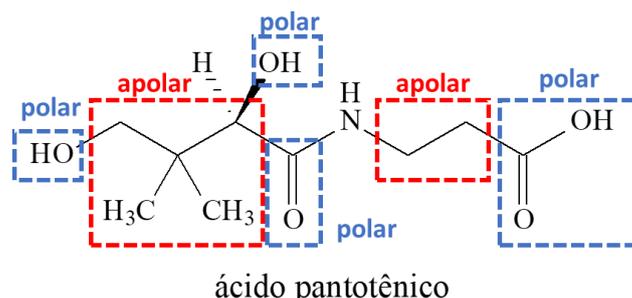
Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

**Comentários**

Vamos observar as porções das estruturas de cada uma das vitaminas, buscando quais trechos das moléculas são polares e apolares.



retinol

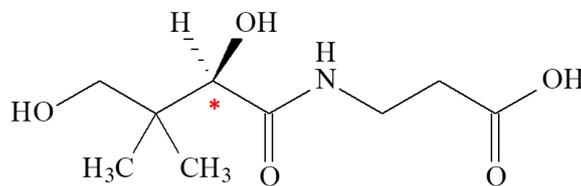


ácido pantotênico

Dessa forma, o ácido pantotênico (B5) apresenta porções polares em quantidade superior ao retinol. É por isso que ele é hidrossolúvel.

Já o retinol tem cadeia apolar predominante na sua estrutura, portanto, é lipossolúvel.

O ácido pantotênico apresenta um carbono quiral na sua estrutura, portanto, apresenta isomeria óptica.



ácido pantotênico

**Gabarito: Discursiva**

**26. (IME – 2012)**

Dentre as opções abaixo, indique a única que não apresenta estereoisomeria.

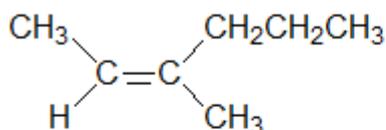
a) 3-metil-2-hexeno



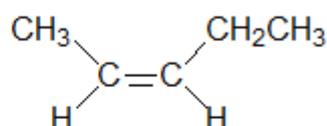
- b) 2-penteno
- c) Ácido butenodióico
- d) Propenal
- e) 2-buteno

### Comentários

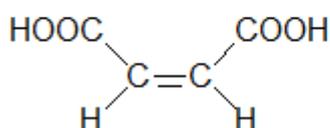
Das moléculas citadas, quatro apresentam isomeria geométrica.



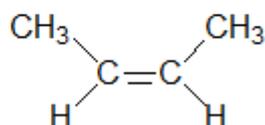
**3-metil-hex-2-eno**



**pent-2-eno**



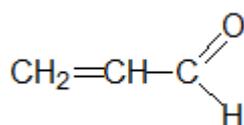
**ácido butenodióico**



**but-2-eno**

Vale ressaltar que, embora o IME tenha escrito 2-hexeno, 2-penteno e 2-buteno, esse tipo de nomenclatura não é aceito nas resoluções de provas discursivas. Portanto, tenha bastante cuidado e escrever dessa forma nas suas resoluções. Prefira a nomenclatura recomendada pela IUPAC.

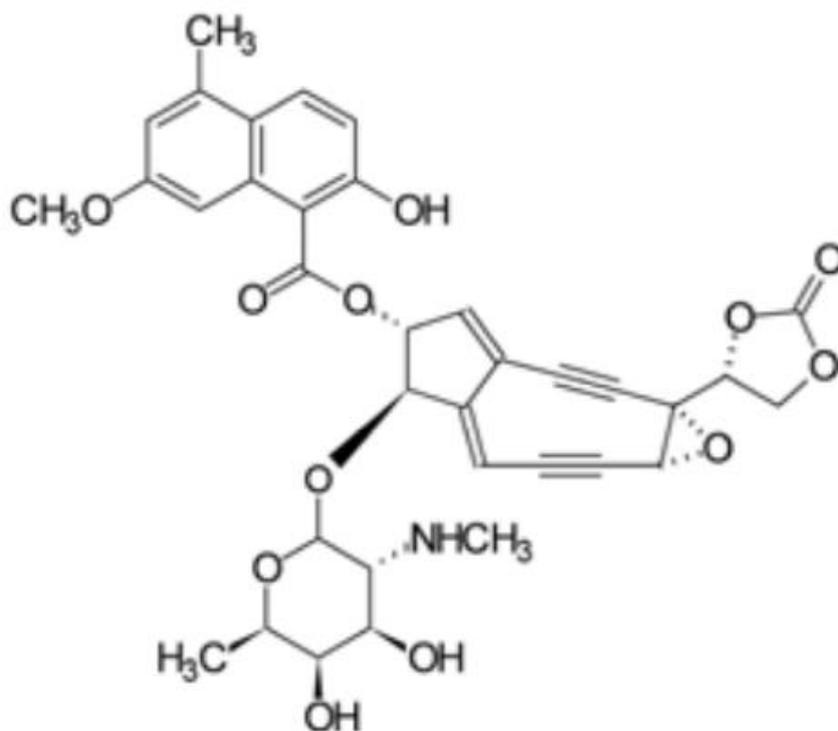
Por fim, a molécula de propenal ( $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHO}$ ) não apresenta isomeria geométrica, pois um dos carbonos da dupla está ligado a dois ligantes iguais. Também não apresenta atividade óptica, pois não há nenhum centro quiral. Todas as demais apresentam isomeria geométrica em decorrência da ligação dupla.



**Gabarito: D.**

### 27. (IME – 2009)

A neocarzinostatina é uma molécula da família das enediinas que são produtos naturais isolados de microrganismos e apresentam poderosa atividade anti-tumoral, por serem capazes de agir como intercalantes nas moléculas de DNA, interrompendo, dessa forma, o rápido crescimento celular característico das células tumorais.

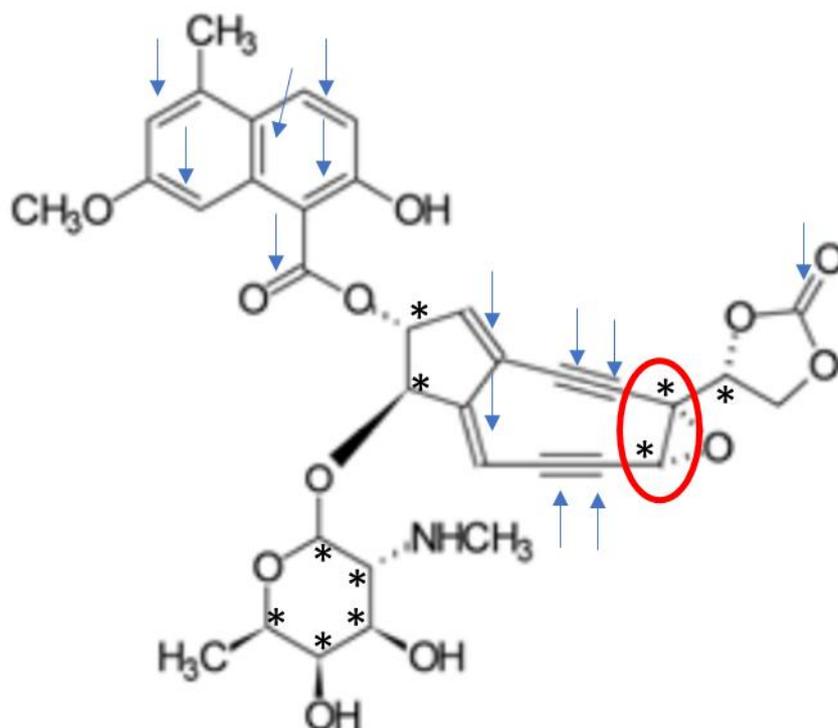


Analisando a estrutura da neocarzinostatina acima, pode-se afirmar que esta forma canônica da molécula possui:

- a) 256 isômeros ópticos e 11 ligações pi.
- b) 512 isômeros ópticos e 11 ligações pi.
- c) 256 isômeros ópticos e 13 ligações pi.
- d) 512 isômeros ópticos e 13 ligações pi.
- e) 1024 isômeros ópticos e 13 ligações pi.

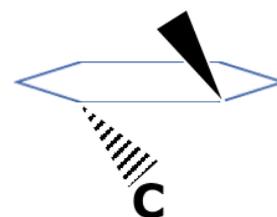
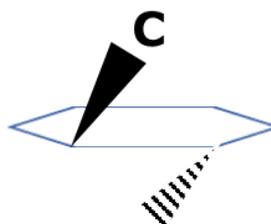
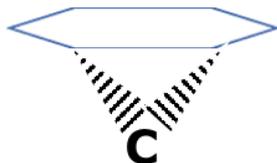
### Comentários

Vamos assinalar os carbonos quirais na molécula. Vale notar que, quando estão em ciclos, é sempre útil procurar aqueles que tenham alguma ramificação ligada.



A molécula tem um total de 10 carbonos quirais, o que renderia um total de  $2^{10}$  isômeros ópticos. Porém, dois carbonos, marcados em vermelho, estão entre dois anéis.

Sendo assim, das 4 configurações, somente duas são realmente possíveis, exatamente como vimos para a cânfora.



**Configurações Possíveis**

**Configurações Impossíveis**

Sendo assim, devemos dividir por 2, logo temos apenas 512 isômeros ópticos. As ligações pi foram assinaladas com a seta: são 13.

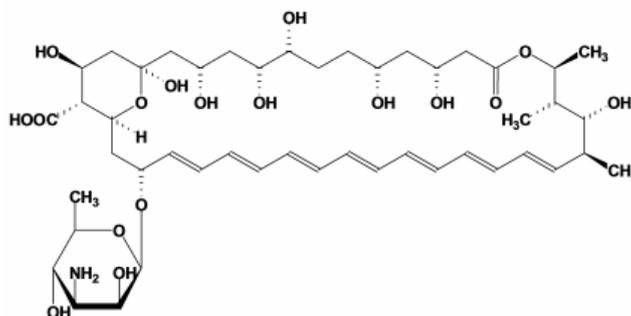
**Gabarito: D.**

**28. (IME – 2007)**

A anfotericina B é um agente antifúngico usado contra a micose conhecida como “pé-de-atleta”. Seu mecanismo de ação envolve interações com as membranas das células dos fungos causadores da doença, criando buracos através dos quais o conteúdo citoplasmático extravasa para o meio exterior matando as células e, conseqüentemente, os fungos. Dada a estrutura de um dos estereoisômeros da anfotericina B abaixo, determine:

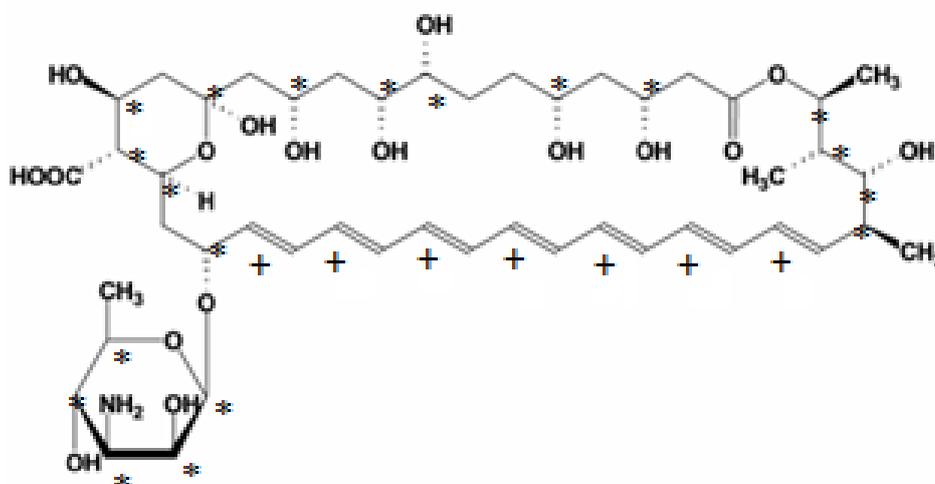


- O número de estereoisômeros da anfotericina B que podem existir.
- As funções orgânicas presentes na estrutura da anfotericina B, excluindo a função hidrocarboneto.
- A fórmula molecular da anfotericina B.

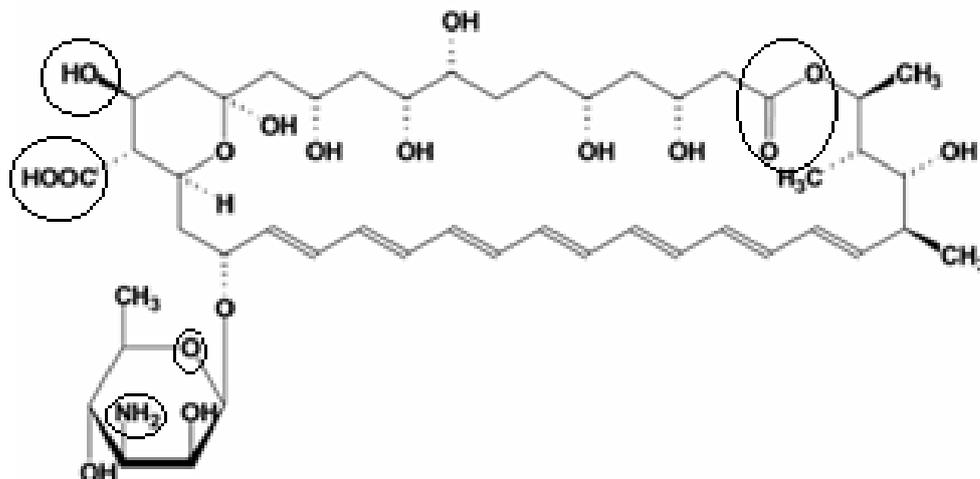


### Comentários

A molécula apresenta 19 carbonos assimétricos (assinalados com \*) e 7 duplas ligações (assinaladas com +) com ligantes diferentes. Como a molécula não apresenta nenhum plano de simetria, nenhum par de carbonos quirais iguais, os carbonos assimétricos possuem  $2^{19}$  configurações, enquanto que as duplas possuem  $2^7$ . Portanto, a molécula apresenta  $2^{26}$  isômeros espaciais distintos.



Nessa molécula, estão presentes as funções: álcool, amina, ácido carboxílico, éster e éter, como mostrado a seguir.



Por fim, contando os átomos, a fórmula molecular do composto é  $C_{47}H_{73}O_{17}N$ .

**Gabarito: discursiva**

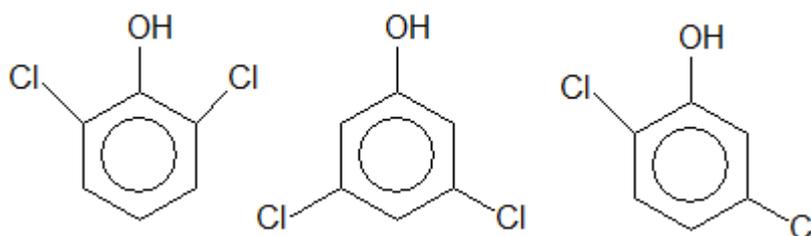
**29. (IME – 2007)**

Quantos isômeros existem para o diclorofenol?

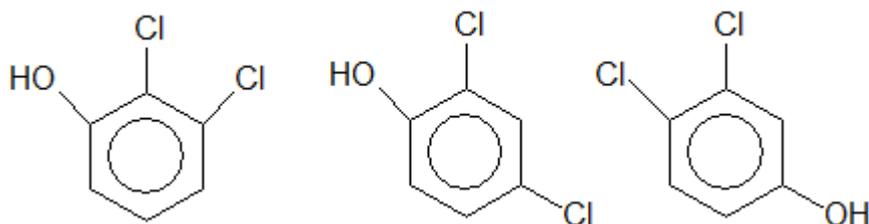
- a) 3
- b) 4
- c) 5
- d) 6
- e) 7

**Comentários**

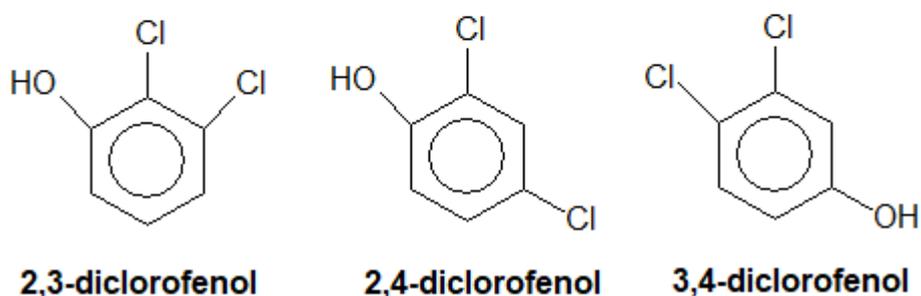
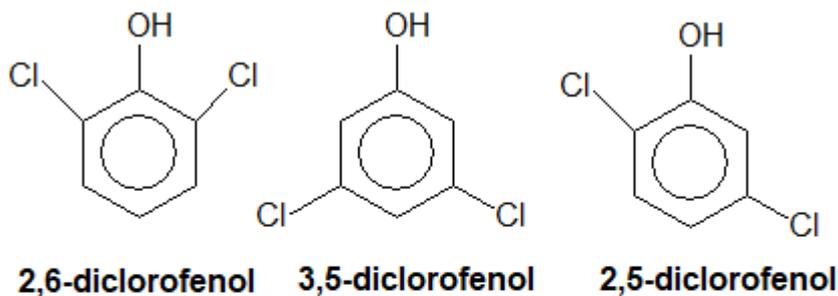
Se os três ligantes ao anel aromático fossem iguais, teríamos três isômeros: vicinal, simétrico e antissimétrico.



Além desses, podemos obter mais alguns isômeros trocando as posições entre a hidroxila e os átomos de cloro. Essas trocas só não são possíveis na configuração simétrica. Existe um isômero que pode ser obtido a partir da forma vicinal e dois que podem ser obtidos a partir da forma antissimétrica.



Há, portanto, um total de 6 isômeros.



**Gabarito: D**

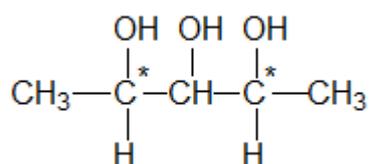
**30. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

Quantos isômeros opticamente ativos apresenta o pentano-2,3,4-triol?

- a) 2
- b) 4
- c) 8
- d) 16
- e) 32

**Comentários**

O composto em análise apresenta dois carbonos quirais iguais.



Dessa maneira, ele apresenta um par de enantiômeros e um mesocomposto.

**Gabarito: A**



### 31. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Considere os seguintes compostos:

I – 1-cloro,3-bromo-propadieno

II – (E)-1,2-dicloro ciclobutano

III – 2-hidróxi-2-cloro propano

Apresentam isomeria óptica:

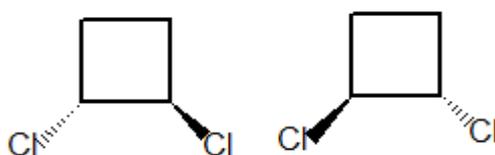
- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II e III.
- d) Apenas II.
- e) Todos os compostos.

#### Comentários

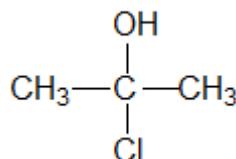
I – Os derivados alênicos apresentam isomeria óptica, mesmo sem possuir carbono quiral. Afirmação correta.



II – O isômero (E) ou trans não apresenta plano de simetria. Portanto, apresenta um par de enantiômeros. Observe que as moléculas a seguir são uma a imagem da outra no espelho e que elas não se superpõem. Afirmação correta.



III – A molécula não apresenta nenhum carbono quiral. Observe que o carbono central está ligado a dois grupos metila iguais.



**Gabarito: A**

### 32. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)



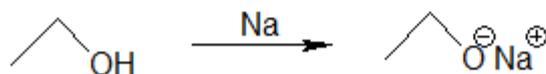
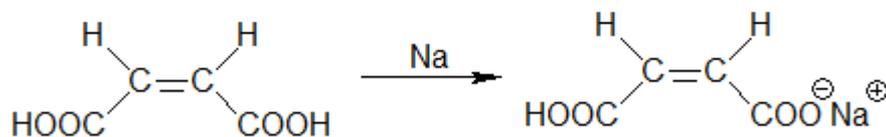
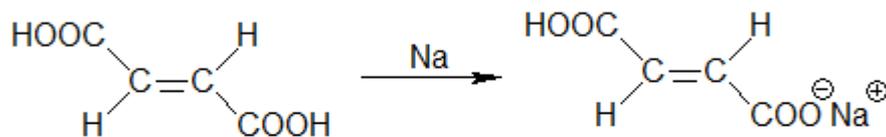
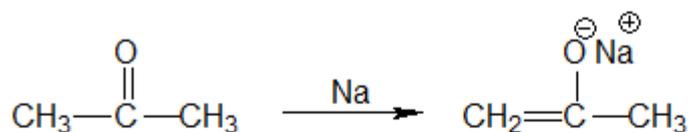
Assinale a alternativa que apresenta a substância que não reage com sódio metálico:

- a) Propanona.
- b) Ácido trans-butenóico.
- c) Ácido cis-butenóico.
- d) Etanol
- e) But-2-ino.

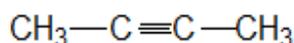
### Comentários

São capazes de reagir com sódio metálico os compostos que possuem um hidrogênio com um mínimo caráter ácido.

A propanona é capaz de reagir com o sódio metálico, porque pode se tautomerizar, formando um enol. Os ácidos e os álcoois reagem diretamente com o sódio metálico através do hidrogênio do grupo –OH.



O but-2-ino, por sua vez, não apresenta nenhum hidrogênio ligado a um grupo eletronegativo. Portanto, não é capaz de reagir com o sódio metálico.



**Gabarito: E**

### 33. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

As reduções da butanona e do butanal com zinco, ácido clorídrico e níquel como catalisador produzem, respectivamente:

- a) A mistura racêmica do butan-2-ol e butan-1-ol.

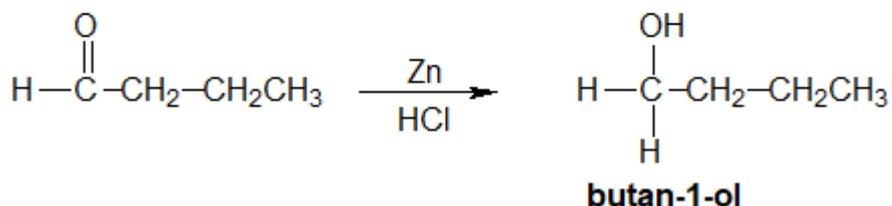
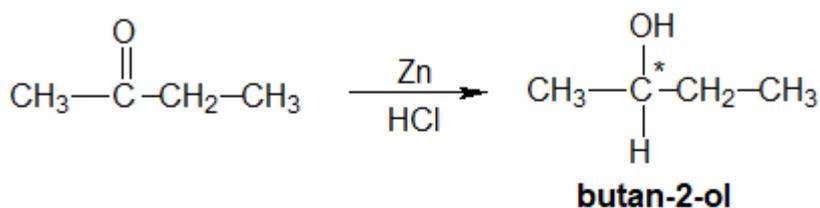


- b) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e butan-1-ol.  
 c) Ambas produzem butan-1-ol.  
 d) Ambas produzem a mistura racêmica do butan-2-ol.  
 e) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e a mistura racêmica do butan-2-ol.

Obs.: Considere que a redução de aldeídos e cetonas acontece com a quebra da ligação dupla e a adição de um átomo de hidrogênio ao carbono e outro ao oxigênio.

### Comentários

Vamos escrever as reações de redução da butanona e do butanal.



A redução da butanona, que é opticamente inativa, produz um composto opticamente ativo em meio aquiral. Sempre que isso acontece, os dois enantiômeros são produzidos na proporção de 50% de cada, ou seja, a mistura racêmica.

Já a redução do butanal produz o butan-1-ol.

**Gabarito: A**

### 34. (IME – 2008)

Assinale a alternativa correta.

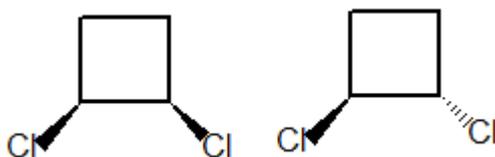
- a) Apenas compostos orgânicos insaturados apresentam isomeria *cis-trans*.  
 b) Em compostos cuja estereoisomeria é devida exclusivamente a centros quirais tetraédricos, o número total de estereoisômeros não excede o valor  $2^n$ , onde  $n$  é o número de centros quirais presentes na molécula.  
 c) 2-pentanona e 3-pentanona são designações para conformações diferentes de uma mesma molécula orgânica.  
 d) Um dos estereoisômeros do 2,3-diclorobutano não apresenta atividade óptica.  
 e) É possível afirmar que a ligação entre dois átomos de carbono com hibridização  $sp^2$  sempre é uma ligação dupla.

### Comentários



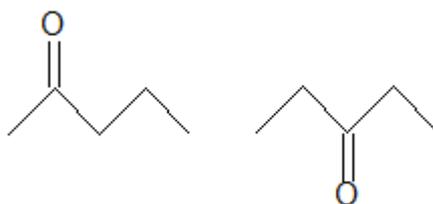
Vejamos as afirmativas.

a) A condição é que haja impossibilidade de rotação, como ocorre nas moléculas cíclicas. Afirmção errada.

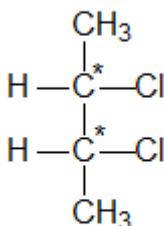


b) Não excede o valor  $2^n$ . Afirmção errada.

c) São moléculas diferentes. São isômeros de posição. Afirmção errada.



d) Essa molécula apresenta dois carbonos quirais iguais. O composto meso em que os carbonos estão em configurações opostas não apresenta atividade óptica, pois tem um plano de simetria. Afirmção correta.



e)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ . Os dois carbonos centrais são  $\text{sp}^2$ , mas são ligados por uma ligação simples. Afirmção errada.

**Gabarito: D**

### 35. (IME – 2010)

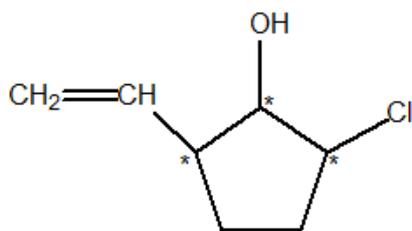
Assinale a alternativa que indica o número de isômeros ópticos e o número de racematos (misturas racêmicas) do 2-cloro-5-vinilciclopent-3-en-1-ol.

- a) 16 isômeros ópticos e 8 racematos.
- b) 16 isômeros ópticos e 16 racematos.
- c) 4 isômeros ópticos e 2 racematos.
- d) 8 isômeros ópticos e 4 racematos.
- e) 8 isômeros ópticos e 8 racematos.

### Comentários



Considere a fórmula estrutural do composto citado.



Como ele apresenta três carbonos quirais diferentes, deve apresentar 8 isômeros ópticos e 4 racematos.

**Gabarito: D.**

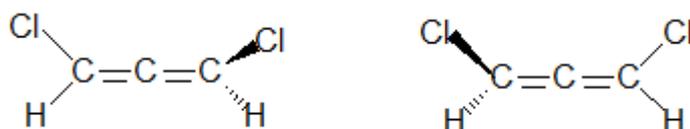
### 36. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Assinale a alternativa que apresenta um exemplo de composto opticamente ativo:

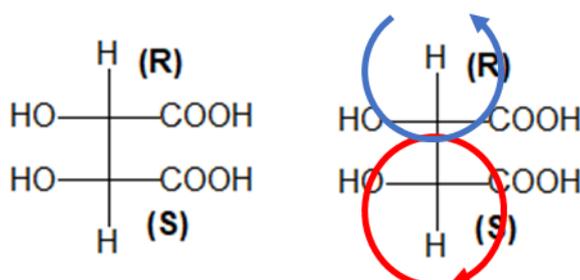
- a) 1,3-dicloroaleno.
- b) Ácido (2R),(3S) 2,3-dihidroxi-butanodióico.
- c) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio quiral.
- d) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio aquiral.
- e) Glicose preparada a partir de substâncias inorgânicas em um meio aquiral.

#### Comentários

- a) Vale lembrar que o 1,3-dicloroaleno é um dos casos mais importantes de isomeria óptica em que não existe carbono quiral. Afirmação correta.



- b) Desenhando a Projeção de Fischer referente ao isômero citado, temos que esse é exatamente o mesocomposto, em que há compensação interna, portanto, não apresenta atividade óptica.



c) e d) Errado. O hexano não apresenta isomeria óptica, independente da reação que foi utilizada para a sua preparação.

e) Errado. Se a glicose for preparada a partir de substâncias aquirais em meio aquiral, o produto será a mistura racêmica.



Gabarito: B

**37. (ITA – 2010)**

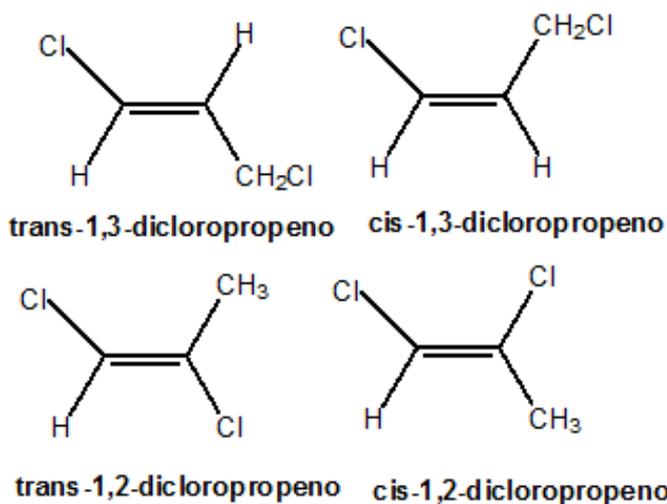
Dada a fórmula molecular  $C_3H_4Cl_2$ , apresente as fórmulas estruturais dos compostos de cadeia aberta que apresentam isomeria geométrica e dê seus respectivos nomes.

**Comentários**

Os compostos  $C_3H_4Cl_2$  de cadeia aberta possuem uma ligação dupla. Haverá isomeria geométrica quando os dois carbonos da dupla possuem ligantes diferentes. Sendo assim, os compostos em que o carbono da extremidade tem ligantes  $CCl_2 =$  ou  $CCL_2 =$ , ele não apresenta isomeria geométrica.



Apresentam isomeria geométrica os compostos, cujo carbono da extremidade possui dois ligantes diferentes, no caso, ele deve ser  $CHCl =$ . É o caso dos seguintes compostos.



Gabarito: discursiva

**38. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

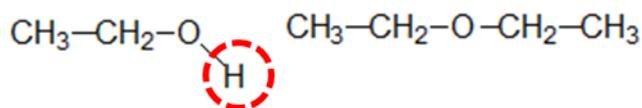
Compare os pontos de ebulição entre os seguintes pares de isômeros:

- a) Álcool etílico e éter etílico.
- b) Ácido propanoico e etanoato de metila.
- c) E-1,2-dicloroeteno e Z-1,2-dicloroeteno
- d) Ortoclorofenol e paraclorofenol.
- e) (R)-butan-2-ol e (S)-butan-2-ol.

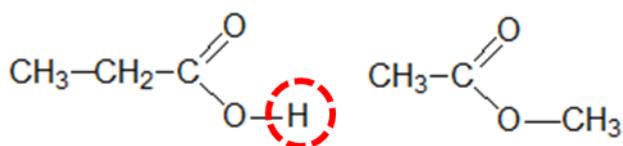
**Comentários**



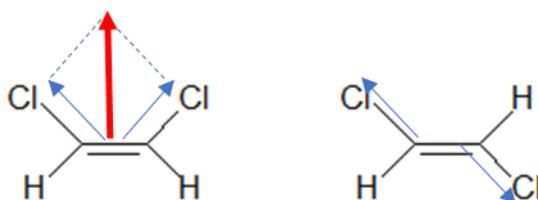
a) O álcool forma pontes de hidrogênio, enquanto que o éter é pouco polar. Portanto, o álcool deve ter maior temperatura de ebulição. Destacamos em vermelho o hidrogênio responsável pela formação de pontes de hidrogênio.



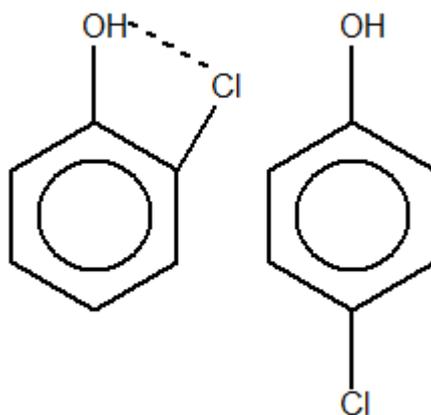
b) O ácido forma pontes de hidrogênio, enquanto que o éster não. Portanto, o ácido deve ter maior temperatura de ebulição. Destacamos em vermelho o hidrogênio responsável pela formação de pontes de hidrogênio.



c) O isômero Z é polar, enquanto que o E é apolar. Portanto, o isômero cis deve apresentar maior temperatura de ebulição.



d) O ortoclorofenol pode formar pontes de hidrogênio intramoleculares, que não contribuem para o ponto de ebulição. Portanto, o paraclorofenol, que só forma pontes intermoleculares, deve apresentar a maior temperatura de ebulição.



e) Os dois isômeros do 2-butanol são enantiômeros, portanto devem apresentar a mesma temperatura de ebulição.

**Gabarito: discursiva**

39. (ITA – 2009)

Assinale a afirmação CORRETA a respeito do ponto de ebulição normal (PE) de algumas substâncias.



- a) O 1-propanol tem menor PE do que o etanol.
- b) O etanol tem menor PE do que o éter metílico.
- c) O n-heptano tem menor PE do que o n-hexano.
- d) A trimetilamina tem menor PE do que a propilamina.
- e) A dimetilamina tem menor PE do que a trimetilamina.

### Comentários

Vamos analisar cada uma das afirmativas.

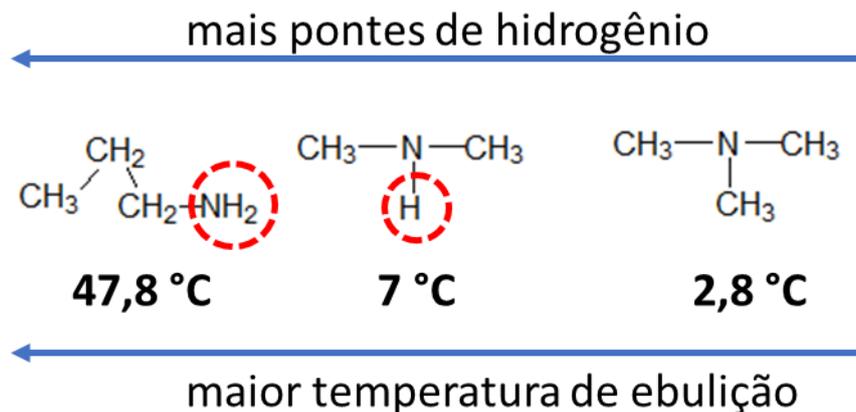
**a)** Ambos formam pontes de hidrogênio, porém, o etanol tem menor massa, portanto menor ponto de ebulição. Afirmativa errada.

**b)** O etanol forma pontes de hidrogênio, mas o éter não, apenas forma interações dipolo-dipolo. Portanto, o etanol apresenta maior ponto de ebulição. Afirmativa errada.

**c)** Os dois compostos são apolares, portanto, o n-heptano ( $C_7H_{16}$ ), que possui maior massa, apresentará também maior ponto de ebulição que o n-hexano ( $C_6H_{14}$ ).

**d)** A n-propilamina ( $CH_3CH_2NH_2$ ) forma pontes de hidrogênio, enquanto que a trimetilamina não. Portanto, a n-propilamina deve apresentar maior PE. Afirmativa correta.

**e)** A dimetilamina ( $CH_3NHCH_3$ ), apesar de possuir menor massa, forma pontes de hidrogênio, enquanto que a trimetilamina não. Portanto, a dimetilamina deve apresentar maior PE. Afirmativa errada.



**Gabarito: D**

### 40. (ITA – 2007)

Assinale a opção que indica a substância que, entre as cinco, apresenta a maior temperatura de ebulição à pressão de 1 atm.

- a)  $H_3CCHO$
- b)  $H_3CCOCH_3$
- c)  $H_3CCONH_2$

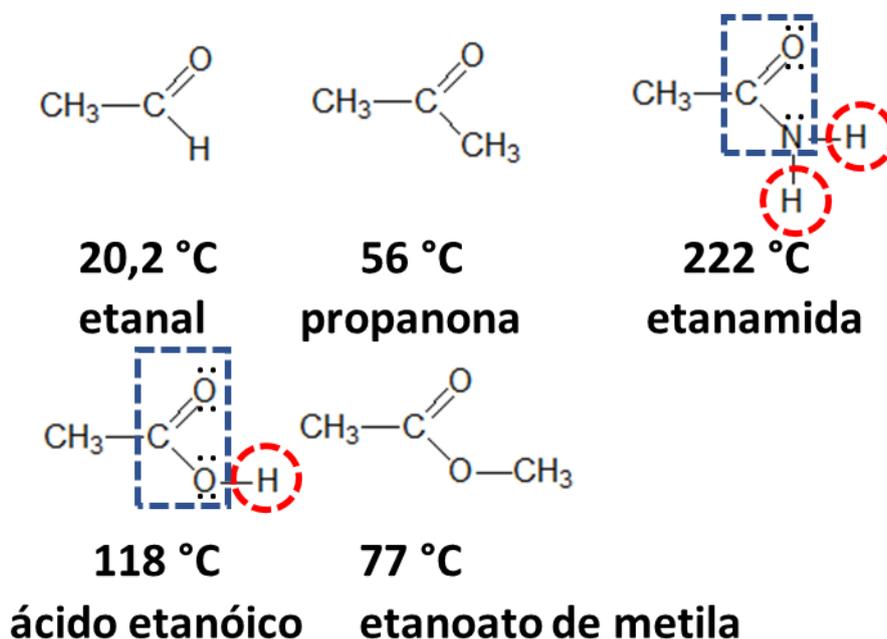


d)  $\text{H}_3\text{CCOOH}$

e)  $\text{H}_3\text{CCOOCH}_3$

### Comentários

A temperatura de ebulição de um composto depende fundamentalmente das suas forças intermoleculares. Destacamos em vermelho os átomos de hidrogênio ionizáveis, ou seja, aqueles que podem ser receptores de elétrons em ligações de hidrogênio. Destacamos em azul os átomos que possuem pares de elétrons não-ligantes e que podem atuar como doadores de elétrons nas ligações de hidrogênio.

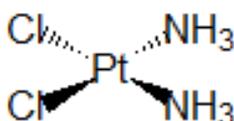


Observe que a etanamida possui dois hidrogênios que podem ser receptores de elétrons e dois átomos que podem ser doadores nas ligações de hidrogênio. Por outro lado, o ácido etanoico possui apenas um hidrogênio receptor. Portanto, a etanamida deve apresentar maior ponto de ebulição.

**Gabarito: C**

### 41. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

A cisplatina é um agente utilizado para o tratamento de diversas neoplasias, como em testículos, ovários, garganta, bexiga e esôfago. É um composto formado por platina metálica ligada a dois átomos de cloro e duas moléculas de amônia, formando uma estrutura quadrada plana.



A respeito desse composto, são feitas as seguintes afirmações:

I – a cisplatina é polar.



II – a hibridização da platina é  $sp^3$ .

III – no composto citado, o número de oxidação da platina é igual a +2.

IV – apresenta um enantiômero.

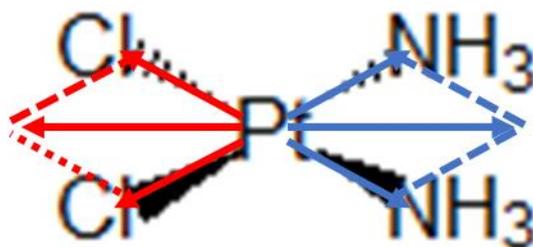
Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II, III e IV.
- d) Apenas II e IV.
- e) Todas as afirmações.

### Comentários

Vamos analisar as informações.

I – Observe que os vetores de momento dipolar P – Cl formam uma resultante para a esquerda e os vetores de momento dipolar P –  $NH_3$  formam uma resultante para a direita. As duas resultantes não se equilibram, portanto, a molécula não é apolar. Afirmação correta.



II – Se a hibridização da platina fosse  $sp^3$ , a molécula seria tetraédrica, e não quadrada. Afirmação incorreta.

III – Considerando que a amônia ( $NH_3$ ) é uma molécula, portanto, neutra e que o cloro tem nox igual a -1.

$$PtCl_2(NH_3)_2: x + 2.(-1) + 2.0 = 0 \therefore x = +2$$

Afirmação correta.

IV – Como a molécula é plana, ela apresenta plano de simetria, que é o próprio plano da molécula. Logo, ela é opticamente inativa e não apresenta enantiômero. Afirmação incorreta.

**Gabarito: B**

### 42. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)



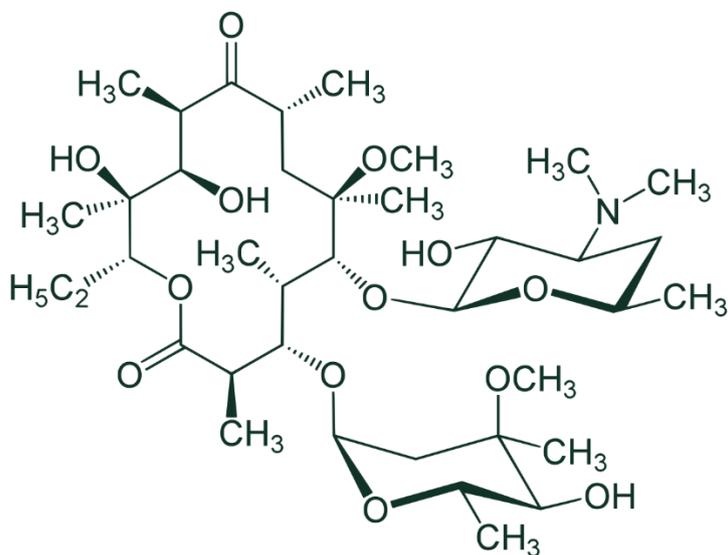
“Um Hospital de Campanha do Exército, com capacidade para 1.200 leitos, foi construído em Boa Vista para atender pacientes infectados com o novo Coronavírus. A construção ocorreu por meio da operação Acolhida, que estava em Paracaima (RR) atendendo refugiados da Venezuela. O funcionamento vai depender dos governos municipal e estadual. O Exército espera que a unidade hospitalar entre em funcionamento amanhã.

A intenção do Exército é desafogar as unidades do sistema público brasileiro de saúde e levar, especificamente, pacientes infectados com o Coronavírus e casos suspeitos da doença para o local.”

(Fonte: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/03/25/coronavirus-exercito-constroi-hospital-com-1200-leitos-em-boa-vista.htm?cmpid=copiaecola>)

A Covid-19 é uma pneumonia viral causada pelo Sars-Cov-2, que se originou na cidade de Wuhan, na China e se espalhou pelo mundo.

Embora seja uma doença viral, alguns dos medicamentos que têm sido testados em diversos países do mundo são antibióticos, como a claritromicina, cuja estrutura é representada a seguir.



Com base na fórmula estrutura apresenta, a claritromicina:

I – apresenta as funções álcool, éter, éster, cetona e amina.

II – apresenta 17 carbonos quirais.

III – apresenta a função amina terciária.

IV – apresenta apenas dois ciclos, ambos contendo 6 carbonos.

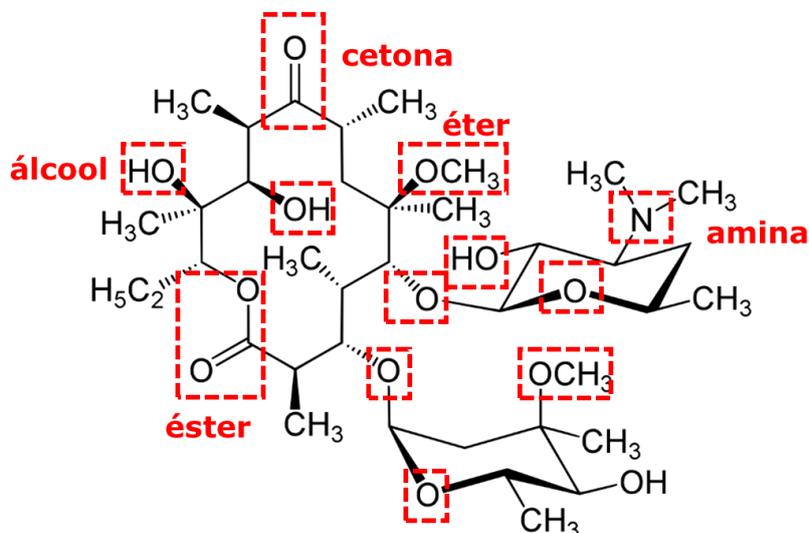
Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas III e IV.
- e) Todas as afirmações.



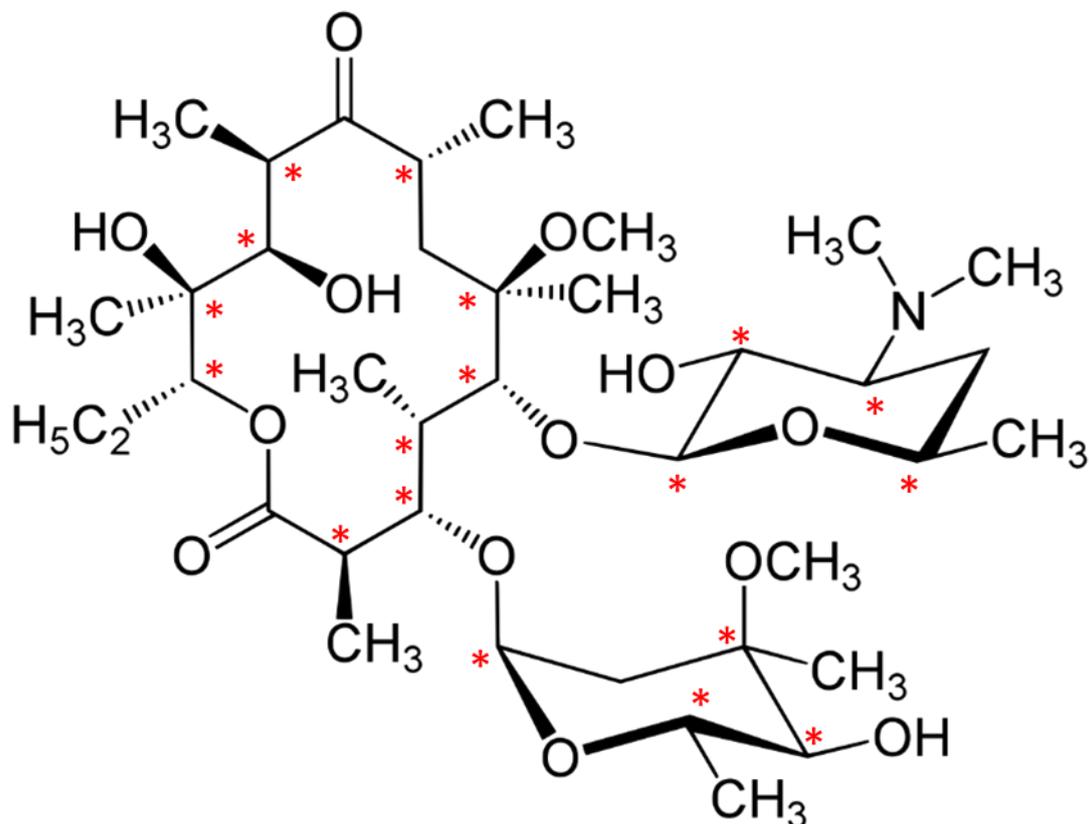
Vamos analisar as informações.

I – Anotemos as funções.



Realmente, as cinco funções citadas estão presentes na claritromicina. Afirmação correta.

II – Vamos marcar todos os carbonos quirais do composto.

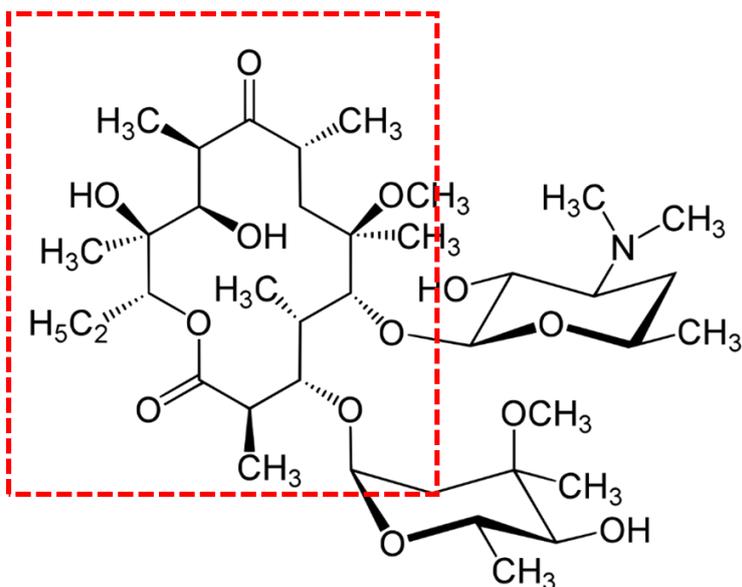


Note que são 18 carbonos quirais. Afirmação incorreta.

III – O nitrogênio em destaque forma três ligações com átomos de carbono, portanto, é uma amina terciária. Afirmação correta.



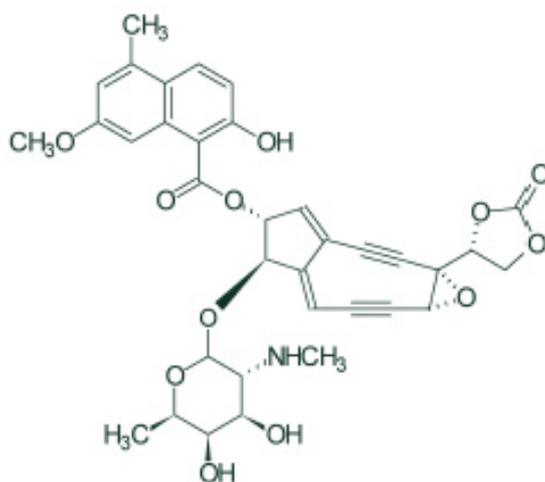
IV – Observe que há ainda mais um ciclo com 14 carbonos. Afirmção incorreta.



Gabarito: C

**43. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.



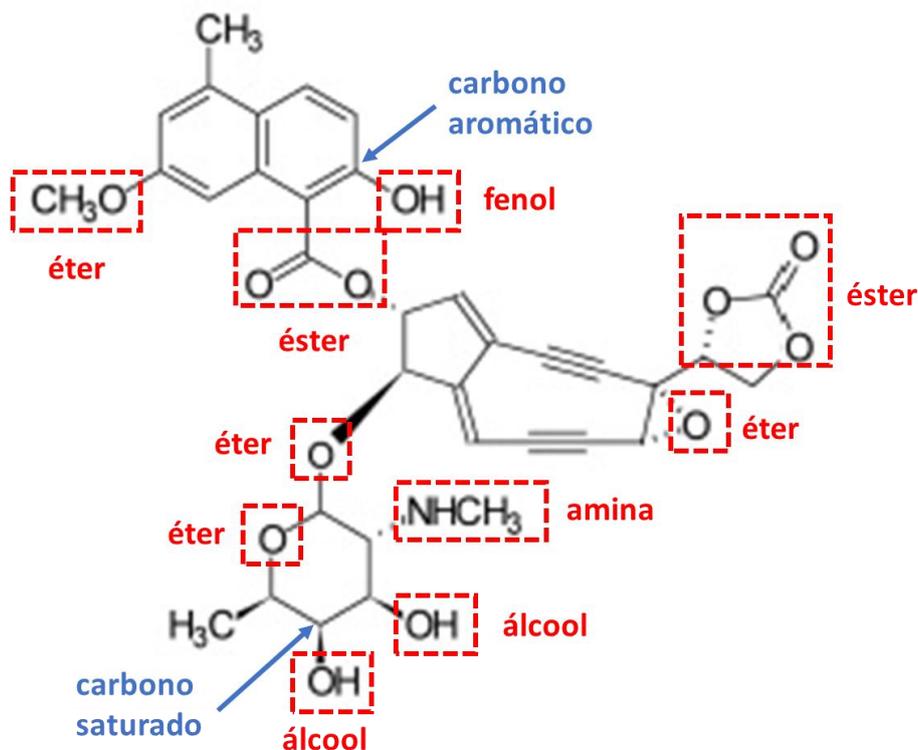
Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas a que pertence a neocarzinostatina:

- a) Éter, éster, álcool e amina.
- b) Éter, éster, fenol, álcool e amina.
- c) Éter, cetona, álcool e amina.
- d) Éter, éster, fenol, álcool e amida.
- e) Éter, cetona, fenol, álcool e amida.



## Comentários

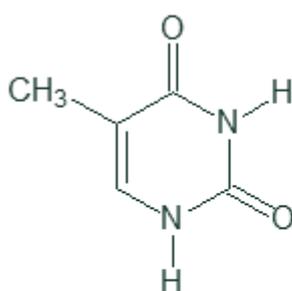
Vamos marcar os grupos funcionais presentes no composto, identificando suas respectivas funções.



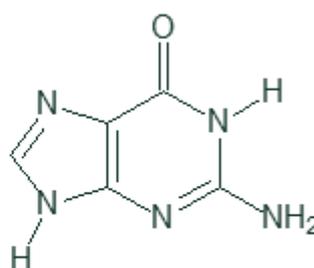
**Gabarito: B**

### 44. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Considere os seguintes compostos orgânicos presentes na estrutura do DNA.



**timina**



**adenina**

A respeito das funções orgânicas que esses compostos apresentam, pode-se dizer que:

- Ambas apresentam exclusivamente as funções amida e amina.
- A timina possui exclusivamente as funções amida e amina, mas a adenina apresenta também a função cetona.
- A timina possui exclusivamente a função amida, enquanto a adenina apresenta também a função amina.

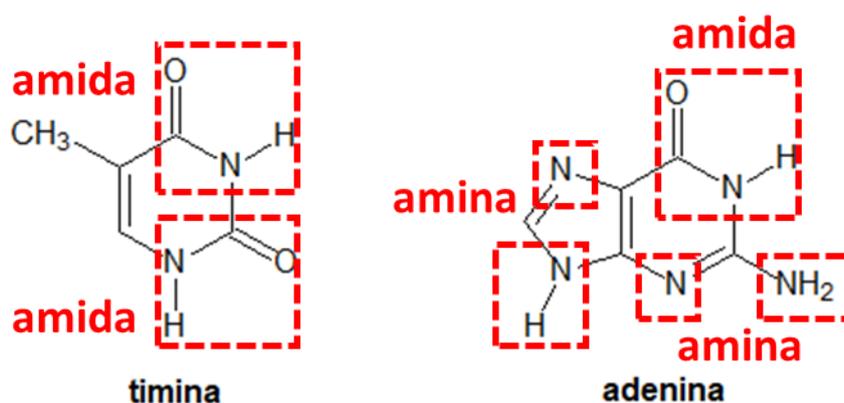


d) A timina possui exclusivamente a função amida, enquanto a adenina apresenta também a funções amina e cetona.

e) A timina possui exclusivamente a função amina, enquanto a adenina apresenta exclusivamente as funções cetona e amina.

### Comentários

Vamos marcar as funções orgânicas que podem ser encontradas nas duas moléculas.



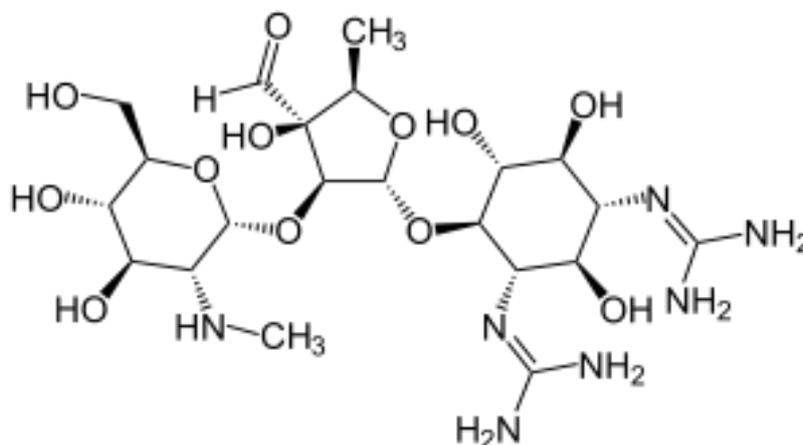
Portanto, a timina apresenta exclusivamente a função amida, já a adenina apresenta também a função amina.

Vale ressaltar que a adenina tem alguns grupos **imina** – nitrogênio formando ligações dupla com átomos de carbono –, mas a imina é uma categoria de aminas.

**Gabarito: C**

### 45. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

A estreptomicina é um medicamento antibacteriano, utilizado no tratamento de infecções, como a tuberculose e a brucelose, cuja fórmula estrutural está apresentada a seguir.



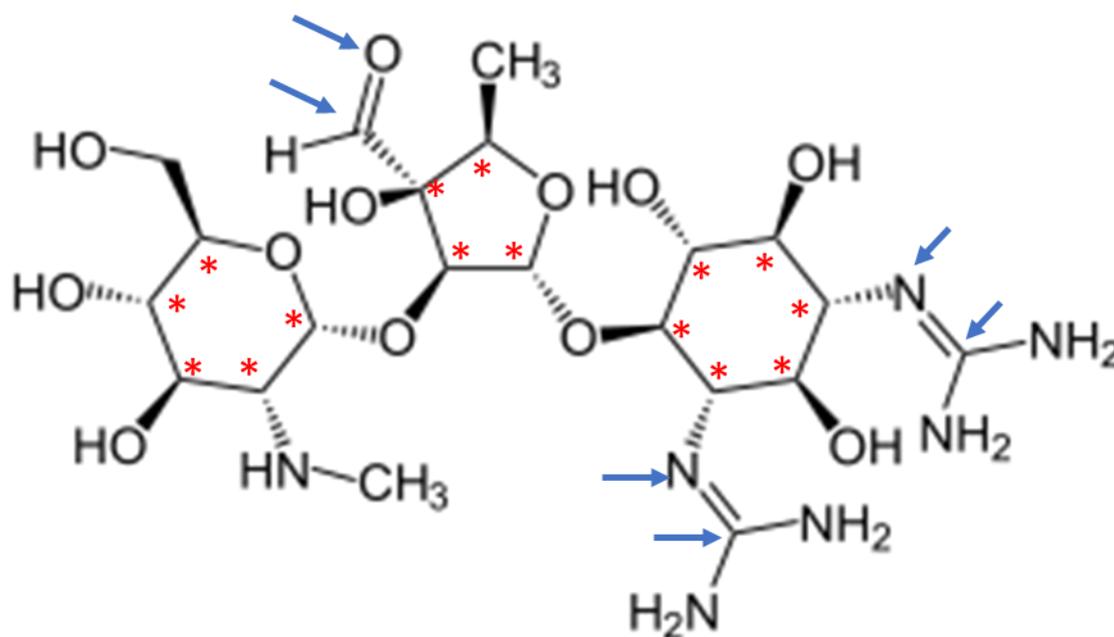
Assinale a alternativa que apresenta o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:



- a) 13 e 3
- b) 15 e 3
- c) 13 e 4
- d) 13 e 6
- e) 15 e 6

### Comentários

Vamos marcar com um asterisco os carbonos quirais e com uma seta os átomos  $sp^2$  – perceba que foram pedidos todos os átomos, e não somente os átomos de carbono.

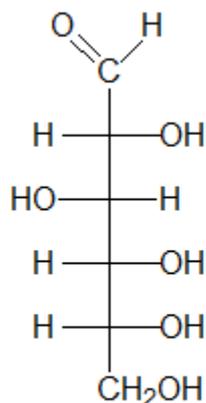


Fomos capazes, portanto, de localizar 15 carbonos quirais e 6 átomos  $sp^2$ .

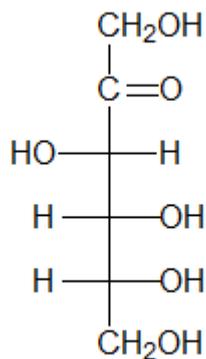
**Gabarito: E**

### 46. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

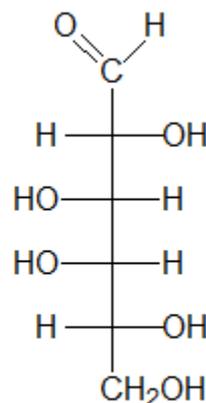
Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples. Normalmente, possuem de 3 a 7 carbonos e sua fórmula mínima é  $CH_2O$ . Considere as fórmulas estruturais de importantes monossacarídeos:



**glicose**



**frutose**



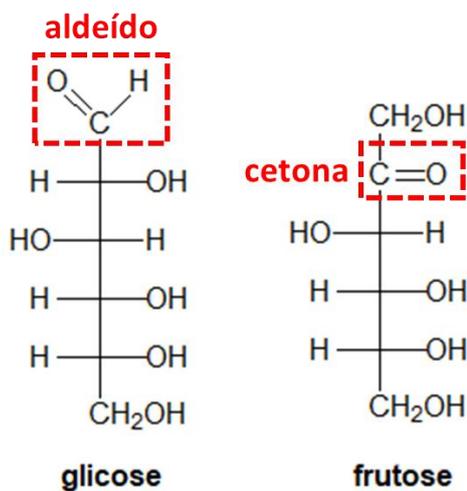
**galactose**

- a) A glicose e a frutose são isômeros espaciais.
- b) A galactose e a frutose são isômeros de função.
- c) A glicose e a galactose são enantiômeros.
- d) A galactose e a glicose são isômeros de posição.
- e) A glicose e a frutose são isômeros de cadeia.

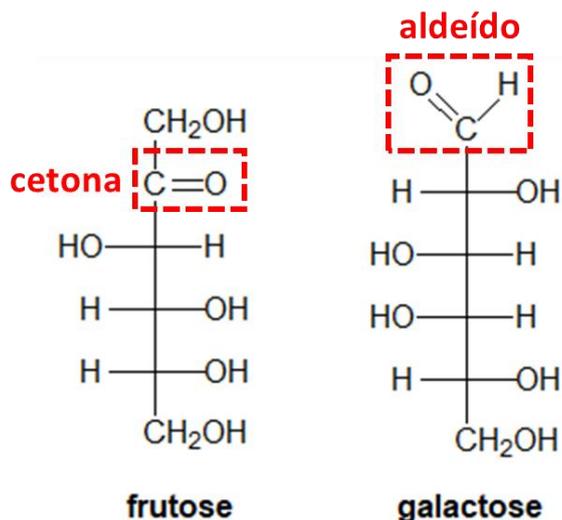
### Comentários

Vamos analisar as afirmações.

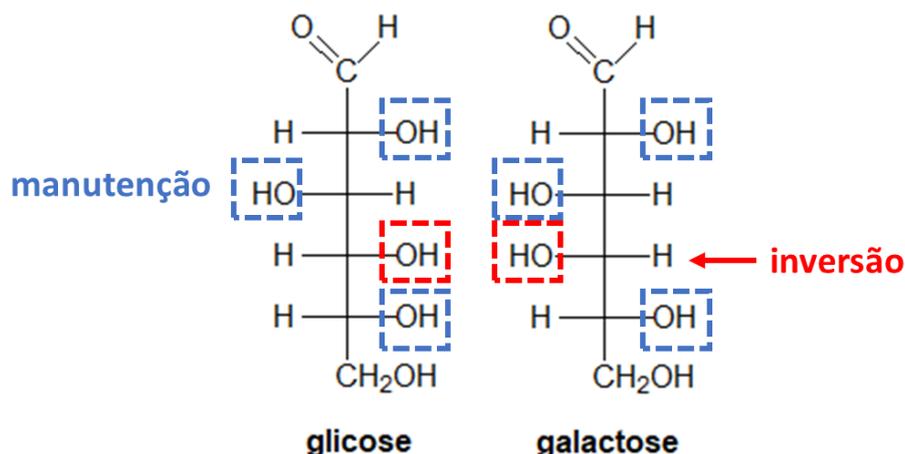
a) A glicose e a frutose pertencem a funções diferentes, logo, são isômeros de função. Afirmação errada.



b) Da mesma forma como vimos no item anterior, a galactose e a frutose são isômeros de função. Afirmação correta.



c) A glicose e a galactose possuem 4 carbonos quirais. Para termos um par de enantiômeros, é preciso que todos os 4 carbonos sofram inversão de configuração. Entre a glicose e a galactose, há 3 manutenções de configuração e 1 inversão. Portanto, os dois compostos não são enantiômeros. Afirmação incorreta.



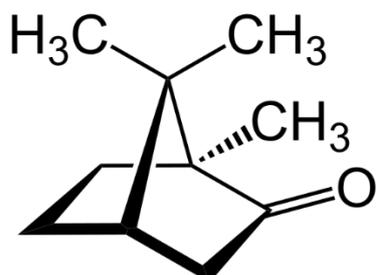
d) A glicose e a galactose são isômeros espaciais (ópticos), e não isômeros planos. Afirmação incorreta.

e) A glicose e a frutose são isômeros de função. Afirmação incorreta.

**Gabarito: A**

**47. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)**

A cânfora é representada pela estrutura a seguir:



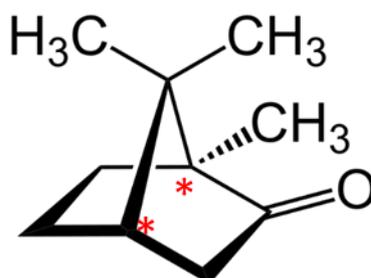
A respeito dos isômeros espaciais apresentados por essa substância, podemos dizer que a cânfora:



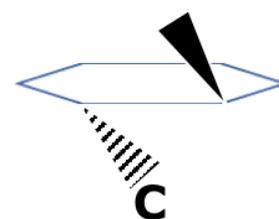
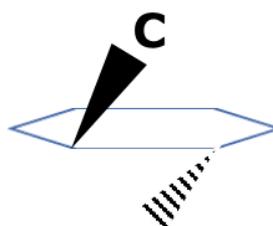
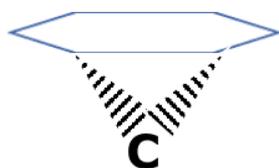
- a) Apresenta apenas um par de enantiômeros.
- b) Apresenta apenas um par de diastereoisômeros.
- c) Apresenta dois pares de enantiômeros.
- d) Apresenta quatro diastereoisômeros.
- e) Não apresenta isômeros espaciais.

**Comentários**

Observe que a cânfora tem dois carbonos quirais.



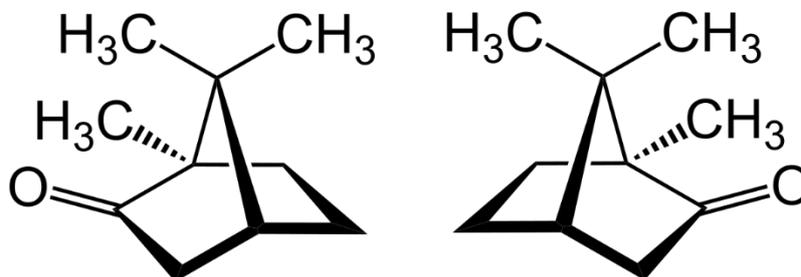
A princípio dois carbonos quirais produziriam quatro isômeros ópticos. Porém, note que os dois carbonos quirais se localizam entre dois anéis, portanto, não existe total liberdade de movimentação.



**Configurações Possíveis**

**Configurações Impossíveis**

Dessa forma, a cânfora apresenta apenas um par de enantiômeros.



**Gabarito: A**

**48. (ITA – 2007)**

Em junho deste ano, foi noticiado que um caminhão transportando cilindros do composto *t*-butil mercaptana (2-metil-2-propanotiol) tombou na Marginal Pinheiros – cidade de São Paulo. Devido ao acidente, ocorreu o vazamento da substância. Quando adicionada ao gás de cozinha, tal substância

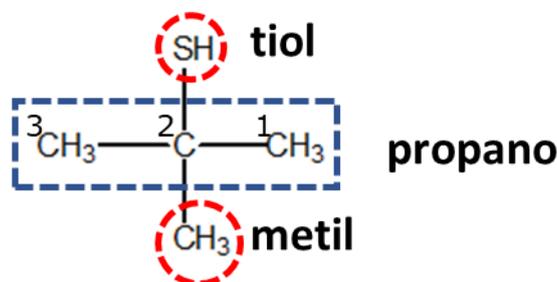


fornece-lhe um odor desagradável. Assinale a opção que indica a fórmula molecular CORRETA desse composto.

- a)  $(\text{CH}_3)_3\text{CNH}_2$
- b)  $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$
- c)  $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_3$
- d)  $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{NH}_2$
- e)  $(\text{CH}_3)_3\text{CSCH}_2\text{OH}$

### Comentários

Os compostos sulfurados apresentam, de maneira geral, o cheiro característico. Pela nomenclatura IUPAC fornecida, o composto 2-metil-2-propanotriol é:



Vale lembrar que, em 2007, a nomenclatura 2-propanotiol ainda era aceitável. Modernamente, a IUPAC recomenda propano-2-tiol.

**Gabarito: B**

### 49. (ITA – 2007)

Realizaram-se testes de solubilidade de pequenas porções de compostos orgânicos constituídos de cinco átomos de carbono, denominados de A, B, C, D e E.

São fornecidos os seguintes resultados dos testes de solubilidade em vários solventes:

Teste 1. Os compostos A, B, C, D e E são solúveis em éter etílico.

Teste 2. Somente os compostos B, C e D são solúveis em água pura.

Teste 3. Somente os compostos B, C e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de hidróxido de sódio.

Teste 4. Somente os compostos D e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico.

Considere sejam feitas as seguintes identificações:

I – O composto A é o n-pentano.

II – O composto B é o 1-pentanol.

III – O composto C é o propionato de etila.

IV – O composto D é a pentilamina.

V – O composto E é o ácido pentanóico.



Então, das identificações acima, estão **NECESSARIAMENTE ERRADAS**:

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

### Comentários

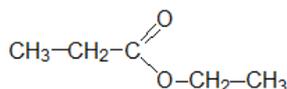
O éter etílico pode dissolver tanto substâncias apolares como substâncias polares, portanto pode dissolver todos os compostos citados.



**propano**



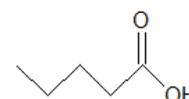
**propan-1ol**



**propanoato de etila**



**propilamina**



**ácido pentanóico**

A água pura deve dissolver compostos polares, como o ácido pentanóico. Como o composto E não é solúvel em água, ele não pode ser o ácido pentanóico. Portanto, a V é necessariamente errada.

Em solução aquosa de hidróxido de sódio, de fato o 1-pentanol deve ser solúvel, portanto, o composto B pode ser ele. No entanto, o propionato de etila deveria reagir, formando sal propionato de sódio e etanol. Embora ambos os compostos são solúveis, o ITA entendeu que não se trata de uma dissolução, mas sim de uma reação química. Com isso, considerou que C não pode ser o propanoato de etila, portanto, a III está necessariamente errada.

Em solução ácida, realmente o 1-pentanol não deve se dissolver, porque possui ligeiro caráter ácido. Logo, não há nenhum problema em B ser o 1-pentanol. O propionato deve hidrolisar, formando ácido propiônico e etanol, ambos solúveis. E a pentilamina deve ser solúvel.

Portanto, somente as afirmações III e V são necessariamente erradas.

**Gabarito: D**

### 50. (ITA – 2006)

Considere uma amostra nas condições ambientes que contém uma mistura racêmica constituída das substâncias dextrógira e levógira do tartarato duplo de sódio e amônio. Assinale a opção que contém o método mais adequado para a separação destas substâncias.

- a) Catação.
- b) Destilação.
- c) Levigação.
- d) Filtração.



## e) Centrifugação.

### Comentários

Questão que cobrou histórica da Química de maneira bem suave. Uma mistura racêmica não pode ser separada por métodos físicos, como destilação, levigação, filtração ou centrifugação.

Porém, se resfriada lentamente, os cristais se apresentam na forma de um a imagem do outro, portanto, o par de enantiômeros pode ser separado por catação.

Foi exatamente assim que Louis Pasteur fez a primeira separação da história de uma mistura de enantiômeros.

### Gabarito: A

#### 51. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

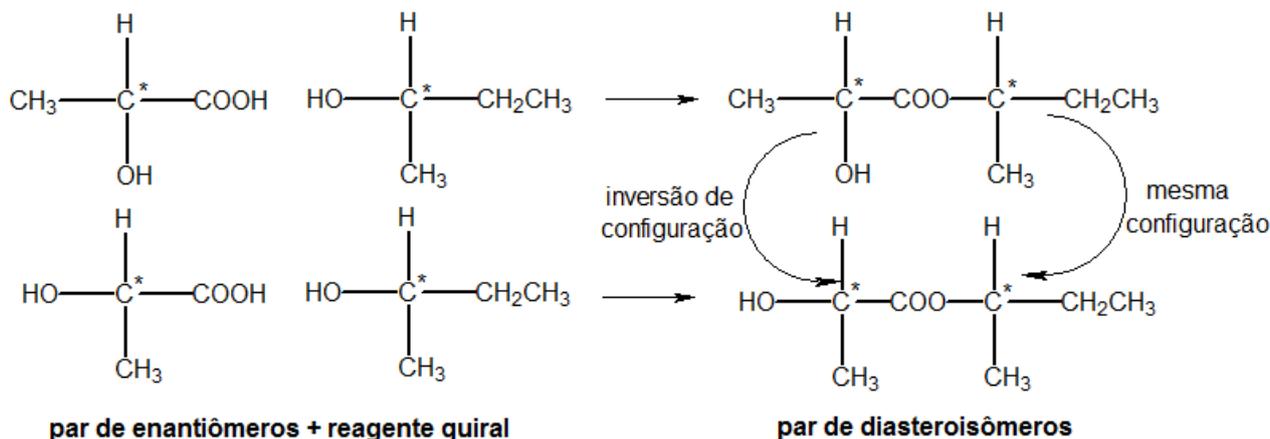
Deseja isolar o isômero levogiro de uma solução aquosa de uma mistura racêmica de ácido láctico. Para isso, é conveniente:

- Adicionar hidróxido de sódio e separar os sais formados por dissolução fracionada.
- Adicionar etanol e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- Adicionar a mistura racêmica do álcool sec-butílico e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- Adicionar o álcool d-sec-butílico e separar os ésteres formados por destilação fracionada.
- Não é possível separar os isômeros ópticos por destilação fracionada, apenas por catação manual.

### Comentários

É interessante adicionar um reagente opticamente ativo, pois forma uma mistura de diastereoisômeros, que podem ser separados pelas suas diferentes propriedades físicas.

Quando se adiciona o álcool d-sec-butílico, forma-se uma mistura de dois diastereoisômeros do éster lactato de sec-butila. Esses ésteres podem ser separados por destilação fracionada, já que possuem temperaturas de ebulição diferentes. Exatamente como proposto na letra D.





De nada adianta utilizar um reagente aquiral, como hidróxido de sódio, etanol ou a mistura racêmica do álcool d-sec-butílico. Devemos nos lembrar que reagentes aquirais não são capazes de diferenciar os dois enantiômeros.

**Gabarito: D**

52. (ITA – 1997)

Considere as afirmações:

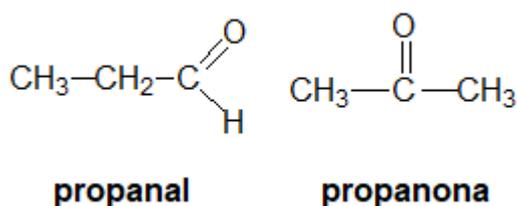
- I. Propanal é um isômero da propanona.
- II. Etil-metil-éter é um isômero do 2-propanol.
- III. 1-Propanol é um isômero do 2-propanol.
- IV. Propilamina é um isômero da trimetilamina.

Estão CORRETAS:

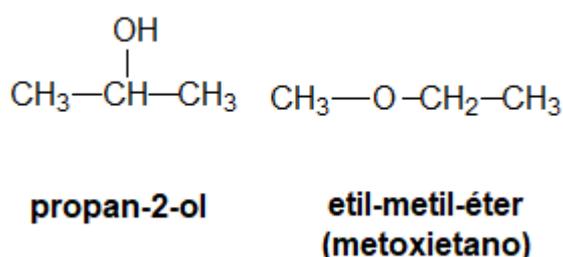
- a) Todas.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e IV.
- e) Apenas III e IV.

**Comentários**

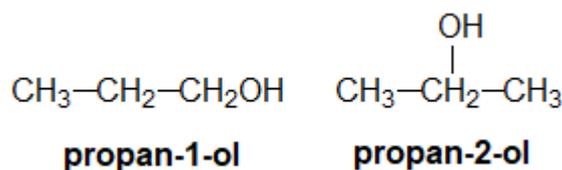
I – O propanal e a propanona são sim isômeros de fórmula molecular  $C_3H_6O$ . Observe que é uma regra geral que aldeídos sejam isômeros de cetonas.



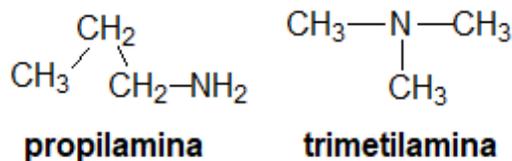
II – Outra regra geral é que álcoois sejam isômeros de éteres. Os dois compostos citados são isômeros de fórmula molecular  $C_3H_8O$ .



III – Os álcoois propano-1-ol e propano-2-ol são isômeros de posição, de fórmula molecular  $C_3H_8O$ .



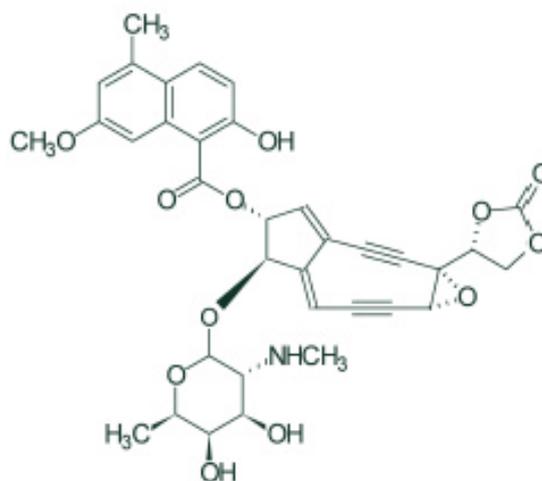
IV – As duas aminas também são isômeros.



**Gabarito: A**

**53. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.

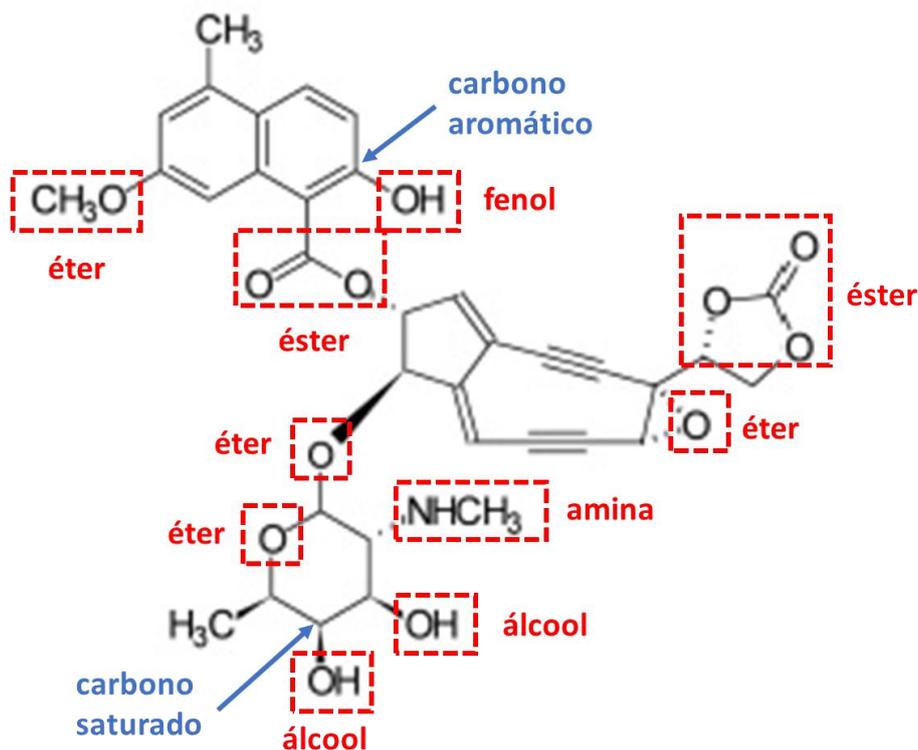


Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas a que pertence a neocarzinostatina:

- a) Éter, éster, álcool e amina.
- b) Éter, éster, fenol, álcool e amina.
- c) Éter, cetona, álcool e amina.
- c) Éter, éster, fenol, álcool e amida.
- e) Éter, cetona, fenol, álcool e amida.

**Comentários**

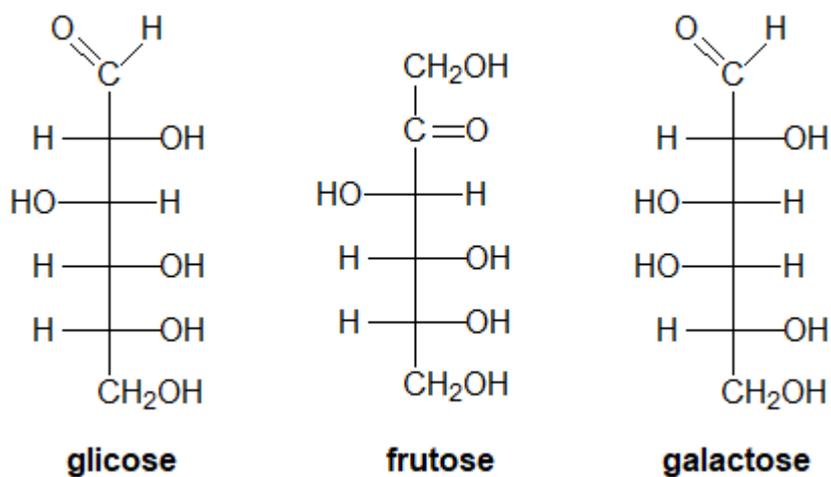
Vamos marcar os grupos funcionais presentes no composto, identificando suas respectivas funções.



Gabarito: B

54. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Os monossacarídeos são os carboidratos mais simples. Normalmente, possuem de 3 a 7 carbonos e sua fórmula mínima é CH<sub>2</sub>O. Considere as fórmulas estruturais de importantes monossacarídeos:



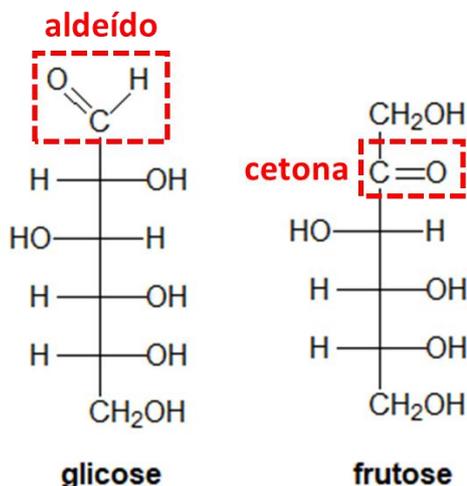
- A glicose e a frutose são isômeros espaciais.
- A galactose e a frutose são isômeros de função.
- A glicose e a galactose são enantiômeros.
- A galactose e a glicose são isômeros de posição.
- A glicose e a frutose são isômeros de cadeia.



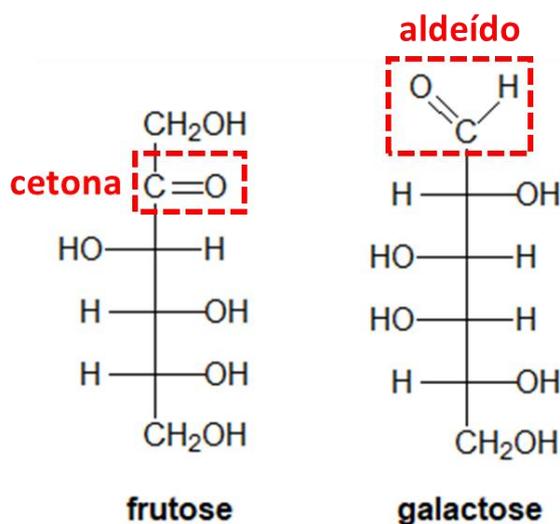
### Comentários

Vamos analisar as afirmações.

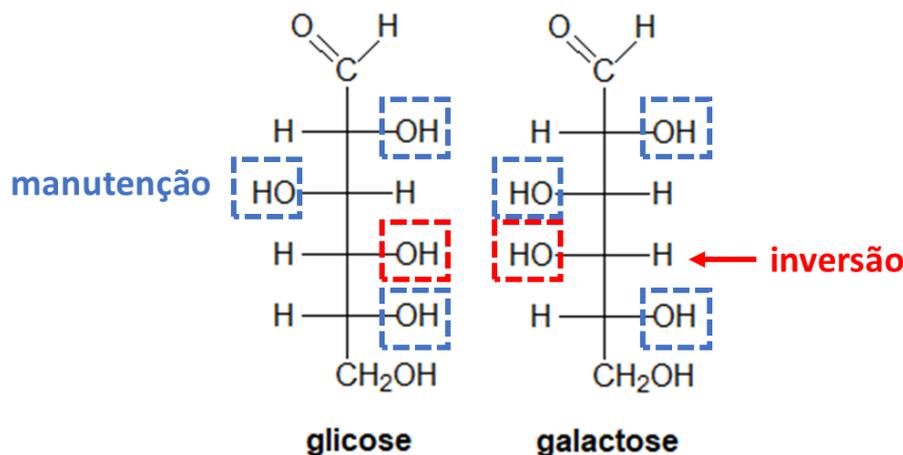
a) A glicose e a frutose pertencem a funções diferentes, logo, são isômeros de função. Afirmação errada.



b) Da mesma forma como vimos no item anterior, a galactose e a frutose são isômeros de função. Afirmação correta.



c) A glicose e a galactose possuem 4 carbonos quirais. Para termos um par de enantiômeros, é preciso que todos os 4 carbonos sofram inversão de configuração. Entre a glicose e a galactose, há 3 manutenções de configuração e 1 inversão. Portanto, os dois compostos não são enantiômeros. Afirmação incorreta.



d) A glicose e a galactose são isômeros espaciais (ópticos), e não isômeros planos. Afirmação incorreta.

e) A glicose e a frutose são isômeros de função. Afirmação incorreta.

**Gabarito: A**

### 55. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

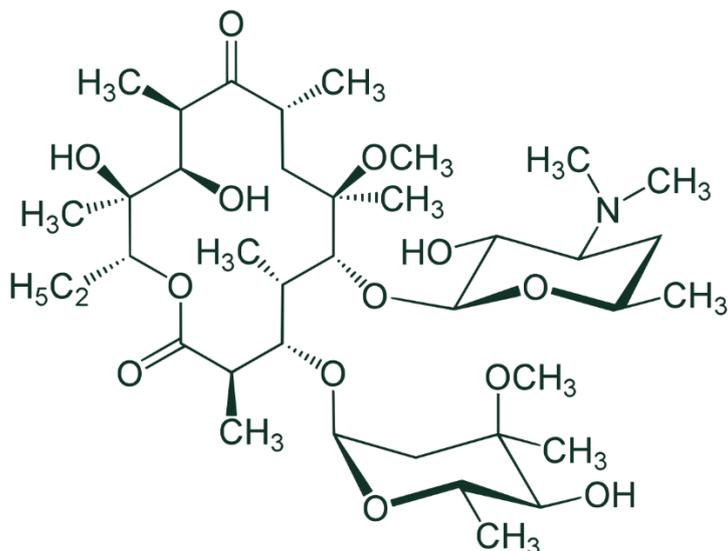
“Um Hospital de Campanha do Exército, com capacidade para 1.200 leitos, foi construído em Boa Vista para atender pacientes infectados com o novo Coronavírus. A construção ocorreu por meio da operação Acolhida, que estava em Paracaima (RR) atendendo refugiados da Venezuela. O funcionamento vai depender dos governos municipal e estadual. O Exército espera que a unidade hospitalar entre em funcionamento amanhã.

A intenção do Exército é desafogar as unidades do sistema público brasileiro de saúde e levar, especificamente, pacientes infectados com o Coronavírus e casos suspeitos da doença para o local.”

(Fonte: <https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2020/03/25/coronavirus-exercito-constroi-hospital-com-1200-leitos-em-boa-vista.htm?cmpid=copiaecola>)

A Covid-19 é uma pneumonia viral causada pelo Sars-Cov-2, que se originou na cidade de Wuhan, na China e se espalhou pelo mundo.

Embora seja uma doença viral, alguns dos medicamentos que têm sido testados em diversos países do mundo são antibióticos, como a claritromicina, cuja estrutura é representada a seguir.



Com base na fórmula estrutura apresenta, a claritromicina:

I – apresenta as funções álcool, éter, éster, cetona e amina.

II – apresenta 17 carbonos quirais.

III – apresenta a função amina terciária.

IV – apresenta apenas dois ciclos, ambos contendo 6 carbonos.

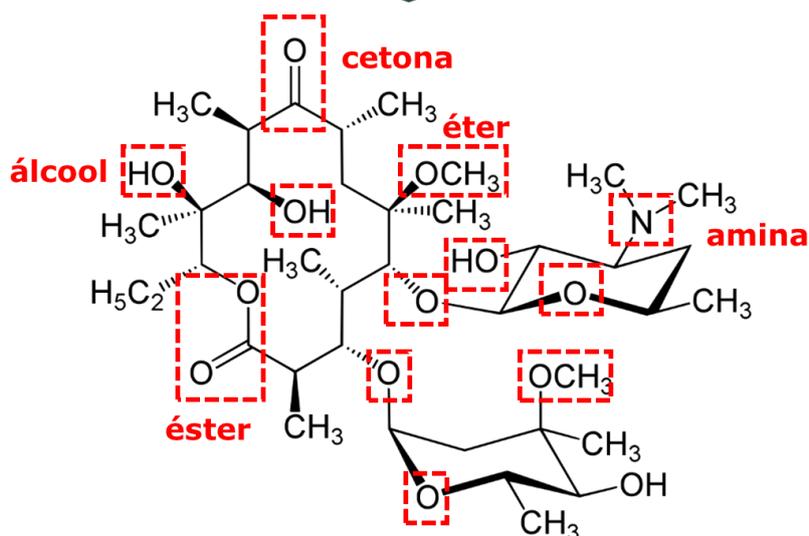
Das afirmações acima, está(ÃO) CORRETA(S):

- a) Apenas II e IV.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas I e III.
- d) Apenas III e IV.
- e) Todas as afirmações.

### Comentários

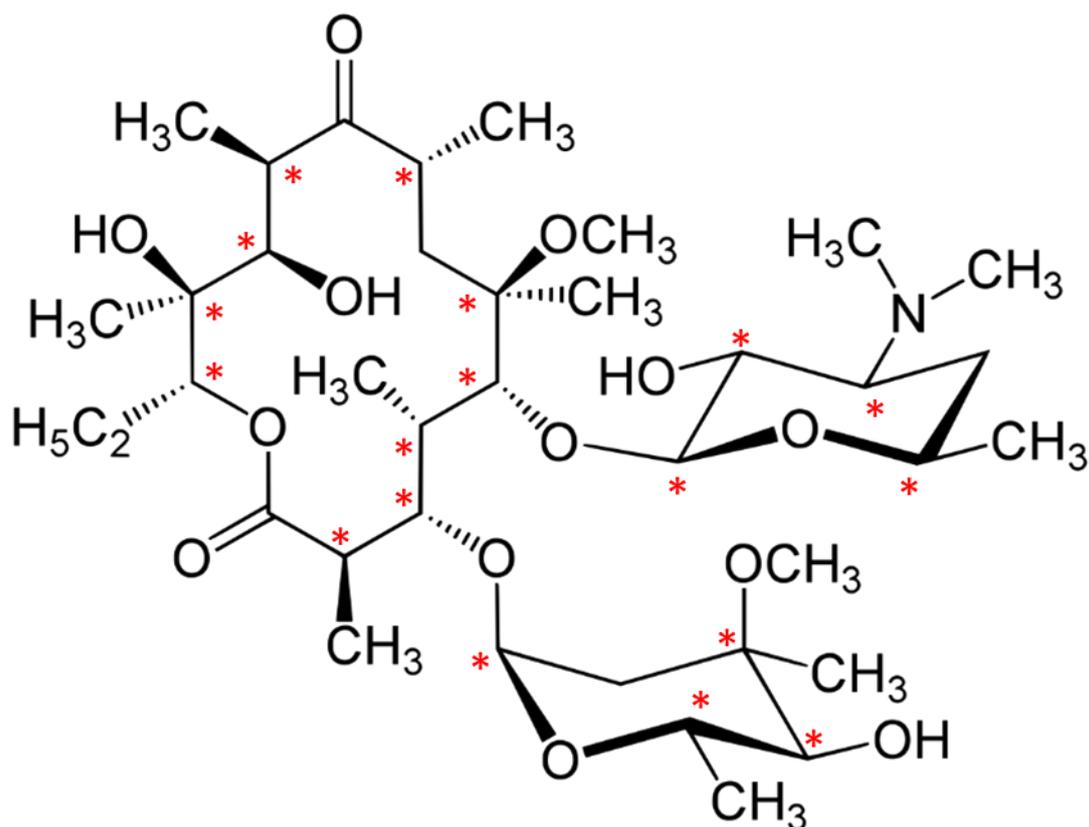
Vamos analisar as informações.

I – Anotemos as funções.



Realmente, as cinco funções citadas estão presentes na claritromicina. Afirmação correta.

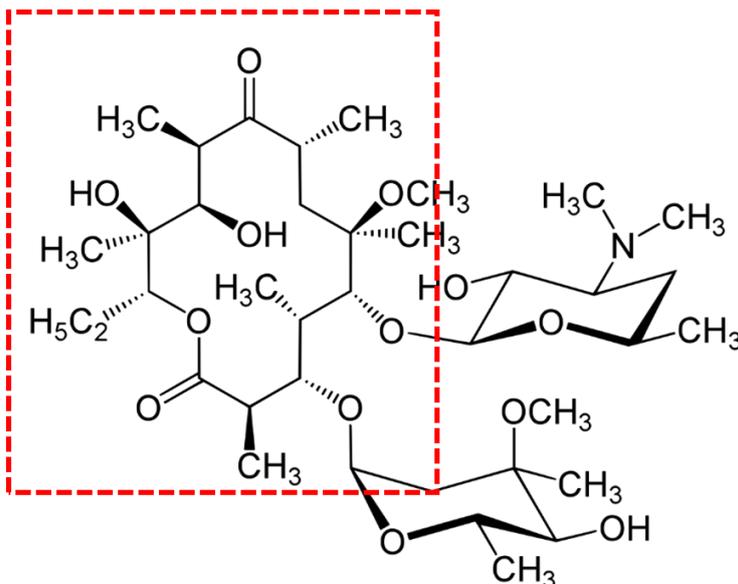
II – Vamos marcar todos os carbonos quirais do composto.



Note que são 18 carbonos quirais. Afirmação incorreta.

III – O nitrogênio em destaque forma três ligações com átomos de carbono, portanto, é uma amina terciária. Afirmação correta.

IV – Observe que há ainda mais um ciclo com 14 carbonos. Afirmação incorreta.

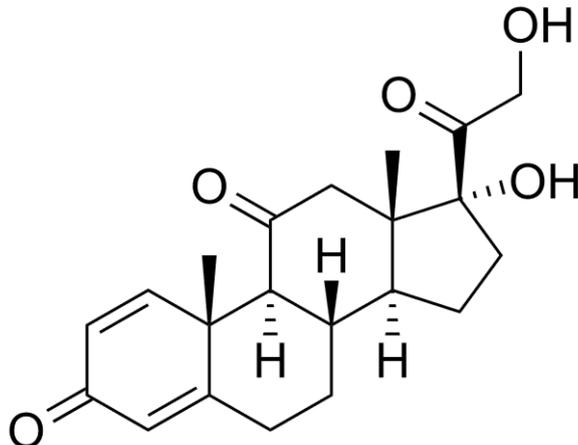


Gabarito: C

**56. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A prednisona é um fármaco pertencente ao grupo dos anti-inflamatórios, sendo particularmente efetiva como uma imunossupressante, muito utilizada na prevenção e tratamento de rejeição em transplantes de órgãos.

Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir.



A respeito da prednisona, são feitas as seguintes afirmações:

- I – A sua fórmula molecular é  $C_{21}H_{26}O_5$
- II – Apresenta um anel aromático.
- III – Apresenta as funções cetona, ácido carboxílico e álcool.
- IV – Apresenta 16 isômeros ópticos.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas II e III.



d) Apenas III e IV.

e) Apenas IV.

### Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – Podemos contar na molécula 21 átomos de carbono. Usando a expressão  $C_nH_{2n+2}$ , teríamos que a fórmula molecular do alcano correspondente seria  $C_{21}H_{44}$ , pois:

$$2n + 2 = 2.21 + 2 = 42 + 2 = 44$$

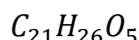
Porém, o composto apresenta deficiências de hidrogênio:

- 4 ciclos;
- 5 ligações pi;

São 9 deficiências de hidrogênio, portanto, devemos abater 18 hidrogênios em relação ao alcano correspondente. Além disso, a molécula possui 5 átomos de oxigênio, que não influenciam na quantidade de átomos de oxigênio.

$$n = 44 - 18 = 26$$

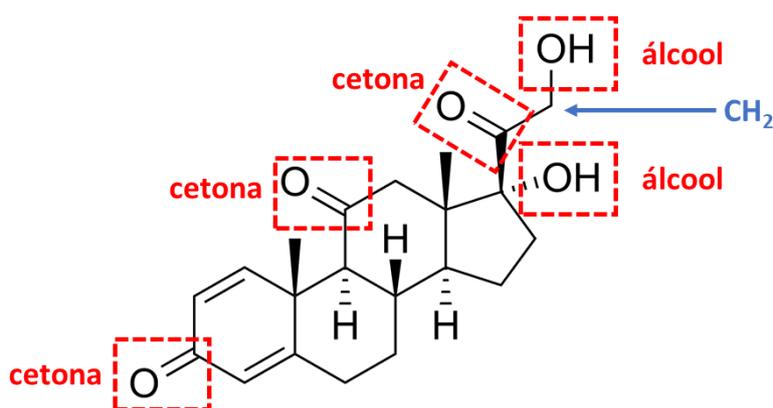
Portanto, a fórmula molecular do composto.



Afirmação correta.

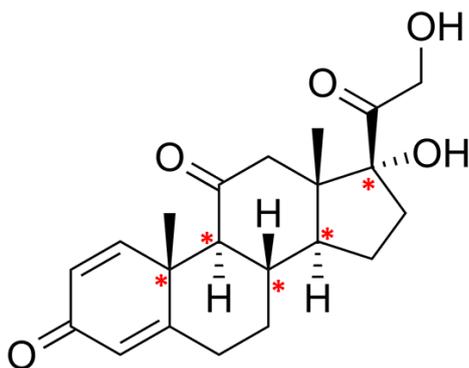
II – Embora a prednisona apresente quatro anéis, nenhum deles é aromático. Um anel aromático é formado por ligações simples e duplas conjugadas. Os anéis de 6 membros devem ter 3 ligações pi conjugadas. Isso não acontece na molécula. Afirmação incorreta.

III – A molécula apresenta grupos cetona e grupos álcool, mas não apresenta nenhum grupo ácido carboxílico. Afirmação incorreta.



Afirmação incorreta.

IV – Vamos destacar os carbonos quirais.



Como a molécula apresenta 5 carbonos quirais, são  $2^5 = 32$  isômeros ópticos. Afirmação incorreta.

**Gabarito: A**

**57. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante a preparação de um relatório de isomeria, foram feitas as seguintes observações por alunos:

- I – O dimetilpropano é um isômero de cadeia do pentano.
- II – O 2,3-dimetil-pentano apresenta um par de enantiômeros.
- III – O 4-metil-4-etil heptano apresenta um carbono terciário na sua estrutura.
- IV – O etoxietano é um isômero de cadeia do butan-1-ol.

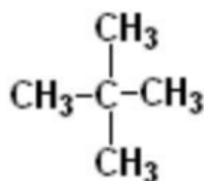
Das afirmações acima, está (ÃO) CORRETA(S):

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

**Comentários**

Vamos analisar as afirmações.

- I. Verdadeiro. Vejamos as estruturas:



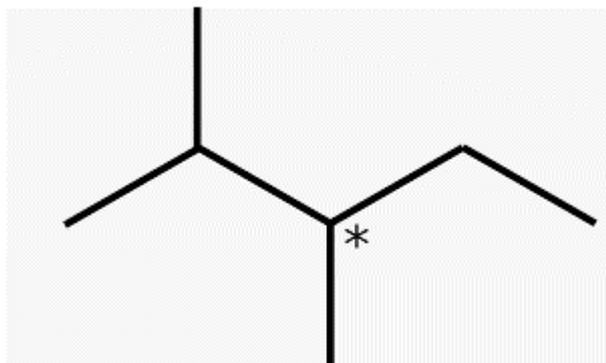
Dimetilpropano



Pentano

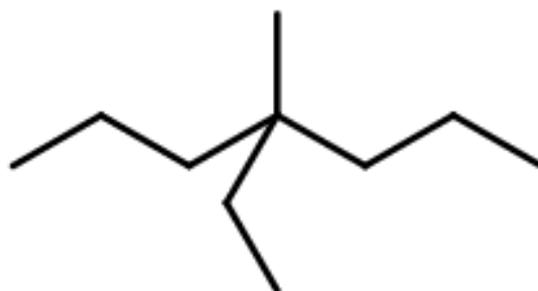


- II. Ambos apresentam cadeia principal distinta. Assim, são isômeros de cadeia. Verdadeiro. Veja a estrutura do 2,3 – dimetil – pentano:



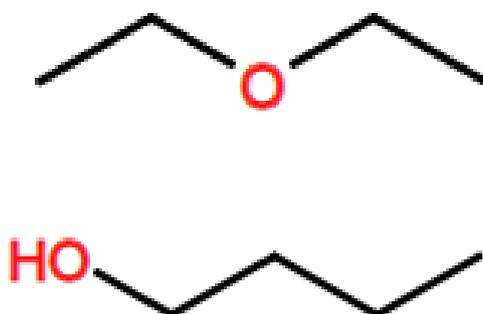
O carbono com asterisco é, justamente, o carbono quiral, que resulta um par de enantiômeros.

- III. Falso. Veja a estrutura desejada:



Ela apresenta um carbono quaternário e não terciário.

- IV. Falso. Veja a estrutura do etoxi-etano e do butan-1-ol, respectivamente:

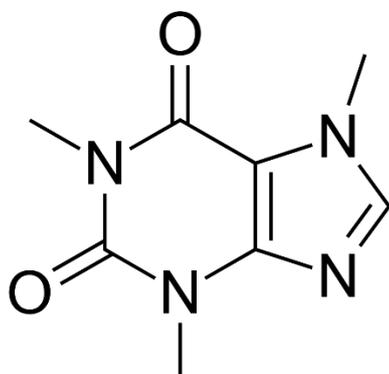


Eles são isômeros de função e não de cadeia.

**Gabarito: B**



A cafeína é um alcaloide do grupo das xantinas. É um poderoso estimulante, sendo considerado o princípio ativo de bebidas, como o café. Uma xícara de café contém em média 97 mg de cafeína, cuja fórmula molecular é mostrada a seguir.



Assinale a alternativa que indica a fórmula molecular da cafeína e as funções orgânicas nela presentes:

- a)  $C_8H_{10}N_4O_2$ ; amida e amina.
- b)  $C_8H_{10}N_4O_2$ ; cetona e amina.
- c)  $C_8H_6N_4O_2$ ; amida e amina.
- d)  $C_8H_6N_4O_2$ ; cetona e amina.
- e)  $C_5H_4N_4O_2$ ; amina.

### Comentários

Primeiramente, devemos notar que a estrutura tem 8 átomos de carbono. Logo, a fórmula do hidrocarboneto correspondente usando a expressão  $C_nH_{2n+2}$  seria  $C_8H_{18}$ . Agora, vamos contar as deficiências de hidrogênio:

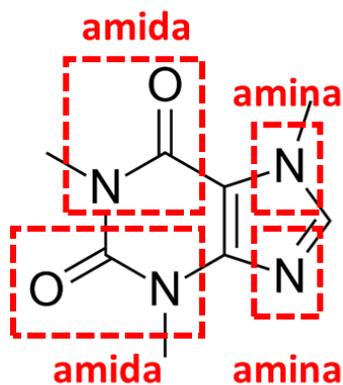
- 2 ciclos;
- 4 ligações duplas.

Como a cafeína tem 6 deficiências de hidrogênio, devemos reduzir em 12 unidades a quantidade de átomos de hidrogênio chegando à expressão  $C_8H_6$ .

Agora, vamos acrescentar os 4 átomos de nitrogênio. Cada átomo de nitrogênio deve ser acompanhado por um átomo extra de hidrogênio. Assim, a fórmula molecular da cafeína é  $C_8H_{10}N_4$ .

Por fim, ao adicionar os átomos de oxigênio, como eles são bivalentes, eles devem ser simplesmente adicionados, sem modificar a quantidade de átomos de hidrogênio. Portanto, a fórmula molecular da cafeína é  $C_8H_{10}N_4O_2$ .

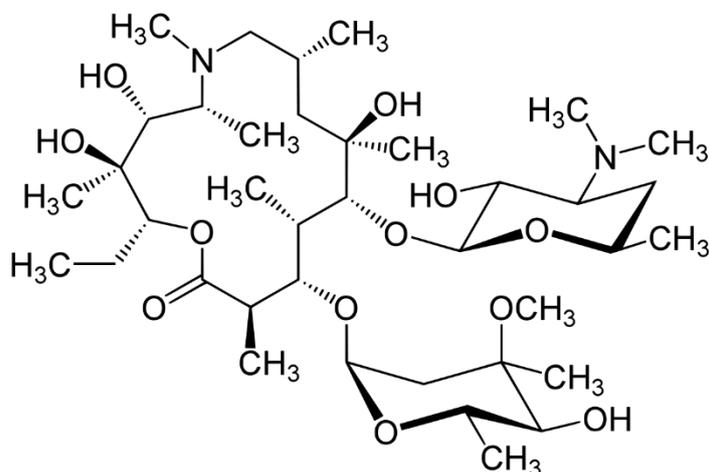
Além disso, vamos marcar as funções orgânicas contidas na molécula.



Gabarito: C

**59. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A figura a seguir apresenta um composto muito utilizado como antibiótico.

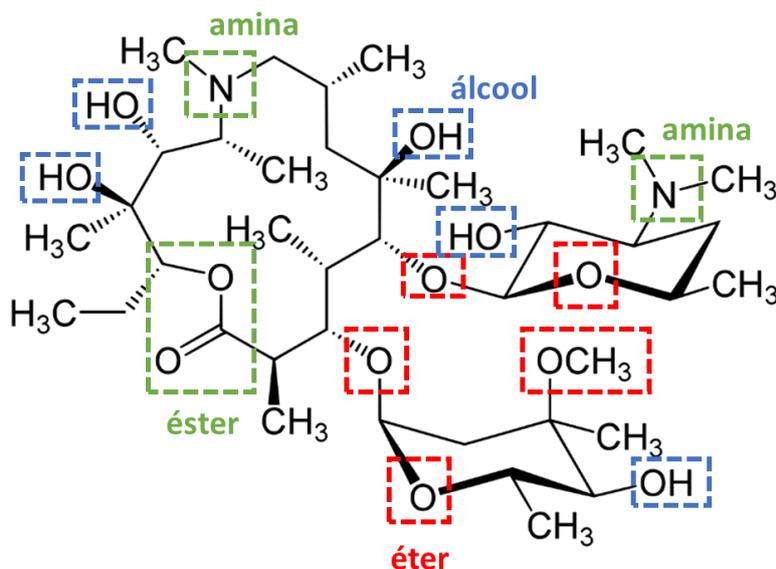


Assinale a alternativa que indica todas as funções orgânicas presentes nesse antibiótico:

- a) álcool, éster, éter e amina.
- b) álcool, fenol, éster e amina
- c) álcool, ácido carboxílico, éter, éster e amina.
- d) álcool, éster e amina.
- e) fenol, éster e amina.

**Comentários**

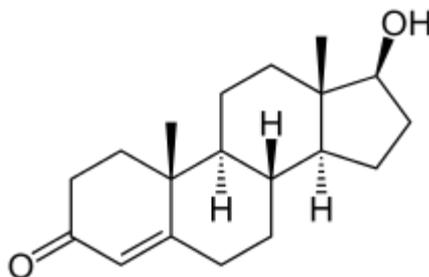
Vamos identificar as funções marcando seus grupos funcionais.



Gabarito: A

**60. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A testosterona é um importante hormônio masculino, cuja fórmula molecular está representada a seguir:

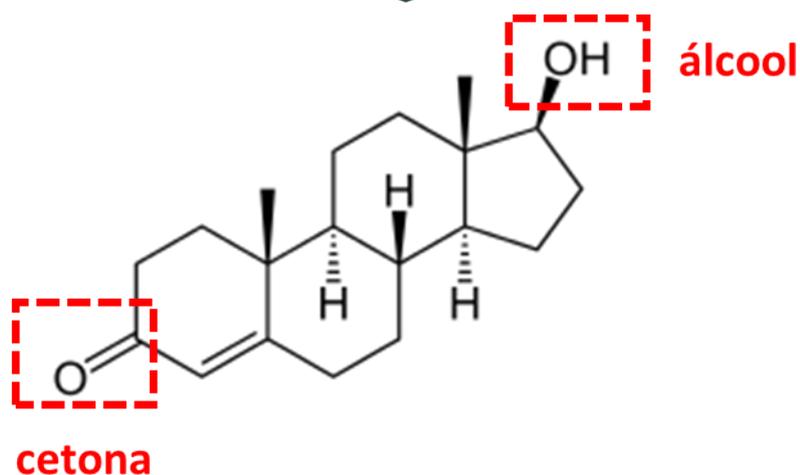


As funções orgânicas presentes nesse composto são:

- a) Cetona e Álcool
- b) Cetona e Fenol
- c) Aldeído e Álcool
- d) Aldeído e Fenol
- e) Éster e Álcool

**Comentários**

Vamos destacar os grupos funcionais encontrados.



O grupo  $\text{-OH}$  está ligado a um carbono saturado, portanto, é um grupo álcool.

Já o grupo  $\text{C} = \text{O}$  está ligado a outros dois átomos de carbono, portanto, é um grupo cetona.

**Gabarito: A**

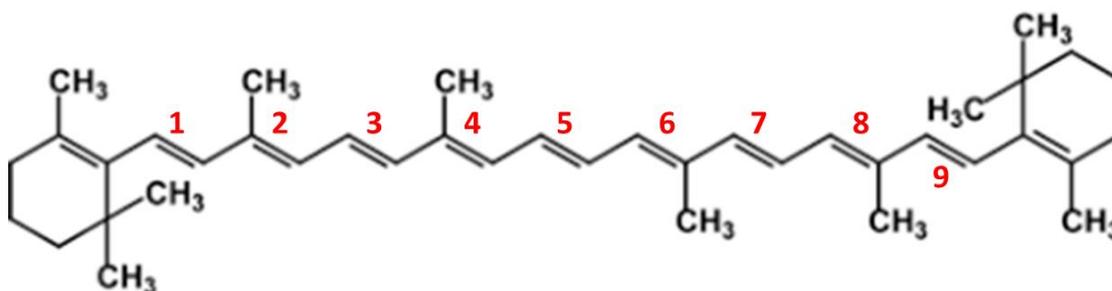
### 61. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Determine o número de isômeros espaciais do beta-caroteno

- a)  $2^9$
- b)  $2^{10}$
- c)  $2^{11}$
- d)  $2^{12}$
- e)  $2^{13}$

#### Comentários

Vamos analisar a estrutura do beta-caroteno, observando que ele não possui carbonos quirais. Vamos marcar todas as ligações duplas que podem envolver estereoisomeria.



Observe que as ligações duplas que ficam dentro de ciclos não envolvem estereoisomeria, porque os ciclos não podem ser torcidos. Portanto, são apenas 9 as ligações duplas que criam essa possibilidade.

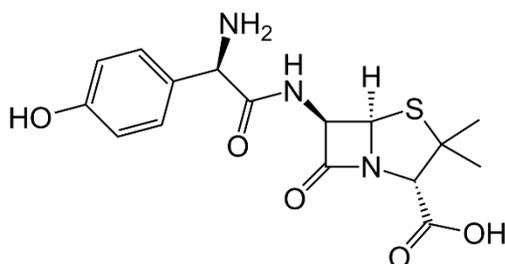
Portanto, o total de estereoisômeros do beta-caroteno é igual a  $2^9$ .



Gabarito: A

**62. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A amoxicilina é um importante fármaco, de espectro moderado, utilizado no tratamento de infecções bacterianas. É um composto derivado da penicilina, cuja fórmula estrutura é representada a seguir.



A respeito desse composto, são feitas as seguintes afirmações:

- I – Apresenta um anel aromático.
- II – Pertence à função álcool.
- III – Apresenta 9 carbonos  $sp^2$ .
- IV – Ambos os carbonos ligados ao enxofre são quirais.

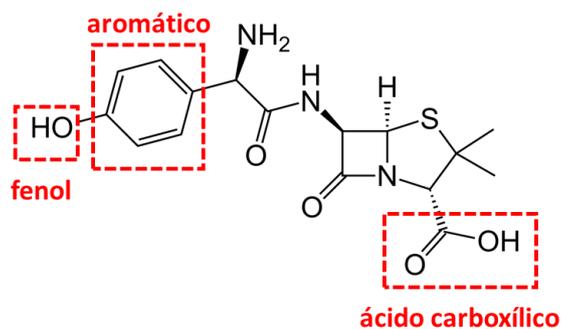
Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**Comentários**

Vamos analisar as afirmações.

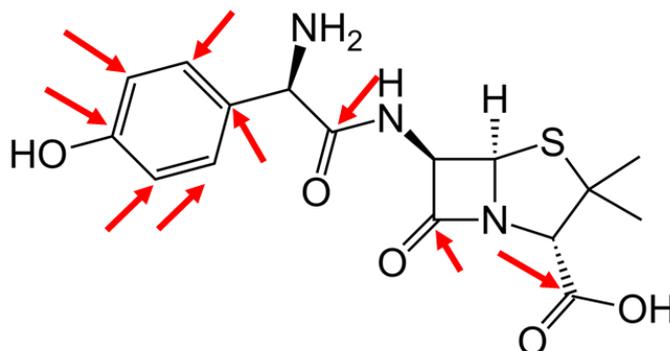
I – A amoxicilina tem realmente um anel aromático, destacado a seguir. Afirmação correta.



II – Como vimos acima, os dois grupos –OH pertencem a uma função fenol (–OH ligado a carbono aromático) e a uma função ácido carboxílico (–COOH). Afirmação incorreta.



III – Vamos contá-los. São os carbonos que formam exatamente uma ligação dupla.



Vemos, portanto, 9 átomos de carbono  $sp^2$ . Afirmação correta.

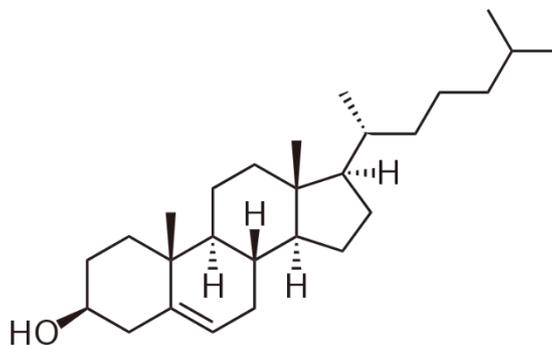
IV – um dos carbonos ligados ao enxofre está ligado a dois grupos  $-CH_3$ , portanto, não é quiral, haja vista que a condição para um carbono quiral é que esteja ligado a quatro grupos ligantes diferentes. Afirmação incorreta.

Portanto, apenas I e III estão corretas.

**Gabarito: B**

### 63. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

O colesterol é um hormônio da categoria dos esteróides, é um componente essencial das membranas celulares. É transportado no plasma sanguíneo do ser humano.



A respeito do colesterol, são feitas as seguintes afirmações:

I – Sua fórmula molecular é  $C_{27}H_{44}O$

II – É um álcool policíclico.

III – Pode ser transportado no plasma sanguíneo, porque é bastante solúvel em água.

IV – Apresenta mais 6 carbonos quirais.

Das afirmações, está (ão) CORRETA(S):

a) Apenas I e II.

b) Apenas I e III.

c) Apenas II e IV.



- d) Apenas I e IV.  
e) Apenas III e IV.

### Comentários

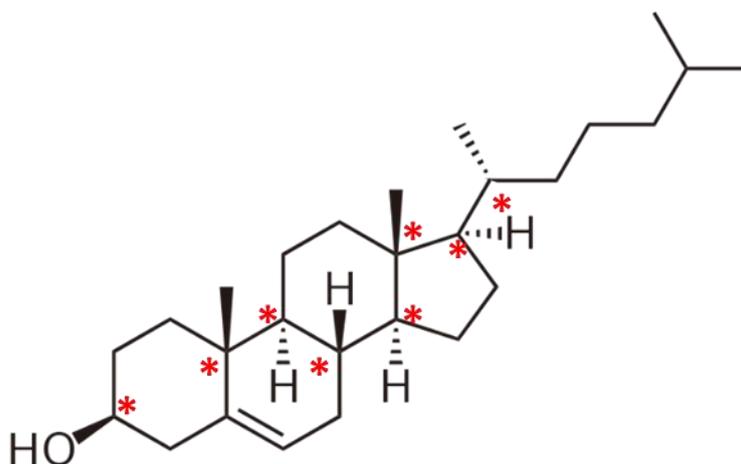
I – Podemos contar 27 átomos de carbono no colesterol. Logo, a fórmula do alcano correspondente seria  $C_{27}H_{56}$ . Além disso, notamos a presença de 4 ciclos e uma ligação pi, que correspondem a 5 deficiências de hidrogênio. Portanto, o colesterol apresenta 10 hidrogênios a menos que o alcano correspondente.

Os átomos de oxigênio não influenciam na quantidade de hidrogênios, portanto, sua fórmula molecular é  $C_{27}H_{46}O$ . Afirmação incorreta.

II – Verdadeiro. A estrutura realmente é de um álcool com mais de um ciclo.

III – Falso. O colesterol é muito pouco solúvel em água. Seu transporte no plasma sanguíneo é feito por meio das lipoproteínas, que são solúveis em água e carregam internamente o colesterol e os triglicerídeos.

IV – Verdadeiro. Basta procurar os átomos de carbono na molécula que estabelecem 4 ligações diferentes entre si. Estes são, ao todo, 8 na molécula. Estão assinalados com asterisco.

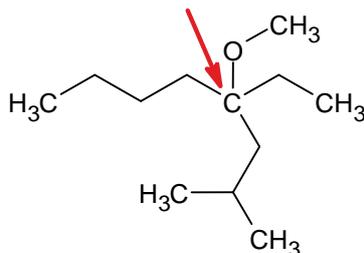


São, portanto, realmente mais de seis. Afirmação correta.

**Gabarito: C**

### 64. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Durante uma aula prática de química orgânica, um aluno obteve o seguinte composto.



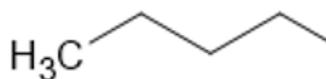
Os radicais ligados ao carbono destacado na molécula são:

- a) n-butil; isobutil; etil; hidróxi
- b) n-butil; sec-butil; metil; metóxi
- c) isobutil; sec-butil; metil; metóxi
- d) n-butil; isobutil; metil; hidróxi
- e) n-butil; isobutil; etil; metóxi

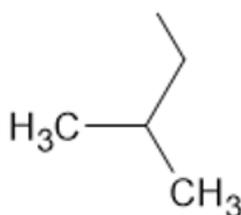
**Comentários:**

Vamos destacar cada um dos radicais ligados ao carbono indicado pela questão:

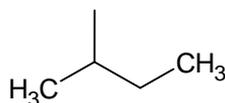
1- **n-butil**: radical com quatro carbonos em linha reta.



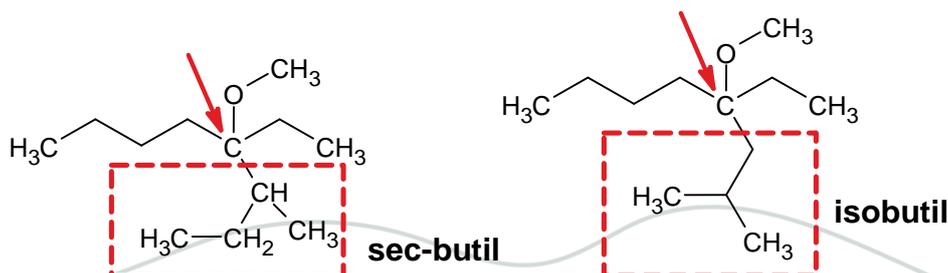
2- **iso-butil**:



Não podemos confundir com o sec-butil, caso em que a valência está localizada no carbono secundário.

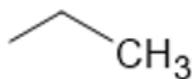


Observe como a estrutura ficaria diferente, se ela tivesse um radical sec-butil.

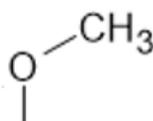




3- **Etil:** radical com dois carbonos



4- **Metóxi:**

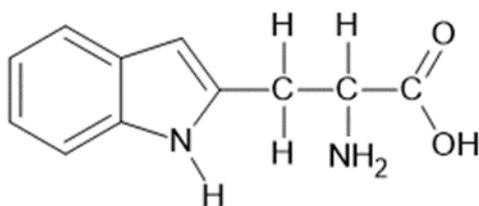


Lembre-se de que os radicais oxigenados utilizam a denominação **-oxi**. Portanto, falamos em **met** porque há 1 carbono e **oxi** por causa do oxigênio no radical.

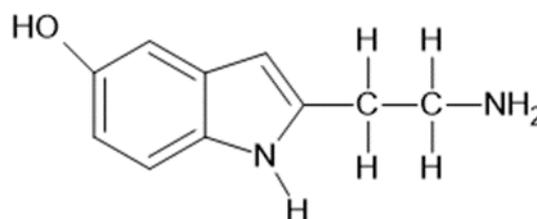
**Gabarito: E**

**65. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A serotonina é um importante neurotransmissor, associado à sensação de felicidade. Ele é produzido no corpo humano a partir do triptofano. As fórmulas estruturais desses compostos são mostradas a seguir.



**triptofano**



**serotonina**

A respeito desses compostos, são feitas as seguintes afirmações:

- I – Ambos apresentam isomeria óptica.
- II – A serotonina pode ser obtida pela descarboxilação do triptofano seguida de uma reação de hidroxilação no anel aromático.
- III – A fórmula molecular do triptofano é  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ .
- IV – A serotonina apresenta as funções fenol e amina, enquanto o triptofano é um aminoácido.

Das afirmações acima, está (ão) **CORRETA(S)**:

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

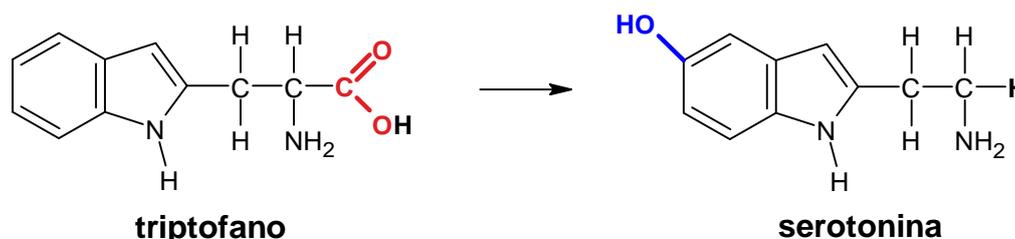


## Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – O triptofano apresenta um único carbono quiral, que é justamente o carbono vizinho à carboxila. Já a serotonina não apresenta nenhum carbono quiral, logo, não apresenta atividade óptica. Afirmação incorreta.

II – Vamos notar as diferenças entre as duas moléculas.



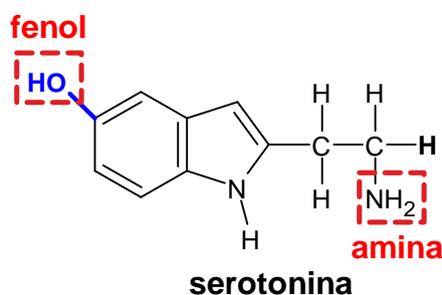
De fato, notamos que as diferenças entre elas são justamente que o triptofano perdeu a carboxila e ganhou um grupo –OH no anel aromático. Afirmação correta.

III – A forma mais simples de obter a fórmula molecular é pela contagem das deficiências de hidrogênio. Para isso, devemos notar que a molécula de triptofano possui:

- 11 átomos de carbono. Portanto, usando a fórmula do alcano equivalente  $C_nH_{2n+2}$ , teríamos  $C_{11}H_{24}$ ;
- 5 ligações duplas e 2 ciclos, totalizando 7 deficiências de hidrogênio. Portanto, devemos retirar 14 hidrogênios da fórmula, chegando a  $C_{11}H_{10}$ ;
- Dois átomos de nitrogênio e dois átomos de oxigênio. Quando adicionamos um átomo de oxigênio, não mexemos na quantidade de hidrogênio. Por outro lado, quando adicionamos um átomo de nitrogênio, devemos adicionar mais um átomo de hidrogênio. Portanto, a fórmula molecular do triptofano é  $C_{11}H_{12}N_2O_2$ .

Afirmação correta.

IV – Vamos destacar os grupos funcionais presentes na serotonina..



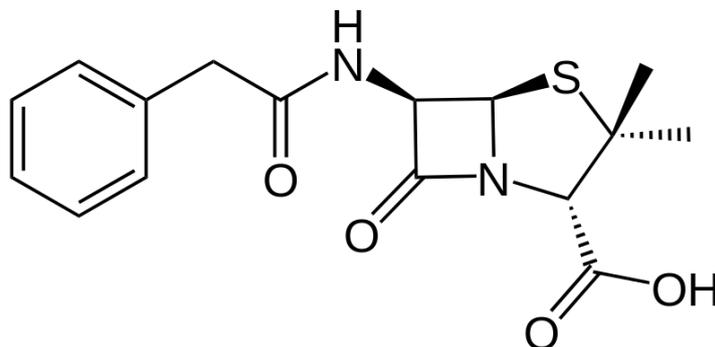
Afirmação correta.

**Gabarito: E**

## 66. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)



A amoxicilina é um antibiótico derivado da penicilina muito utilizado no tratamento de infecções bacterianas. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



A respeito da amoxicilina, assinale a afirmação correta:

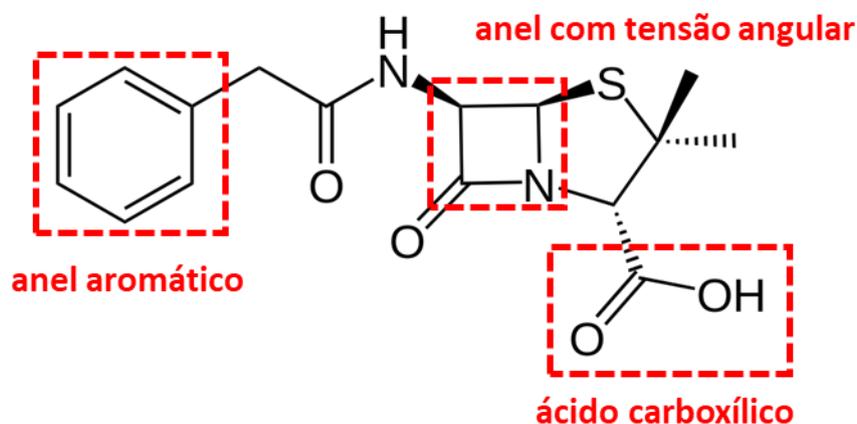
- I – Apresenta um anel aromático.
- II – Apresenta um anel com elevada tensão angular.
- III – Apresenta a função ácido carboxílico.
- IV – Apresenta as funções amina e cetona.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

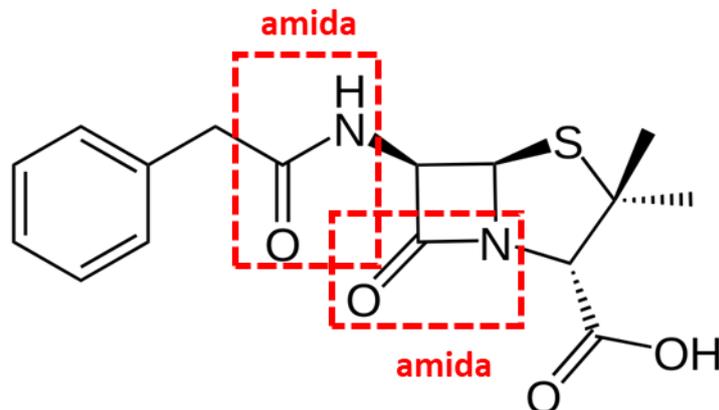
- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I, III e IV.
- d) Apenas III e IV.
- e) I, II, III e IV.

### Comentários

Vamos marcar na estrutura da amoxicilina os itens procurados. Note que o anel de 4 membros é considerado um anel com elevada tensão angular.



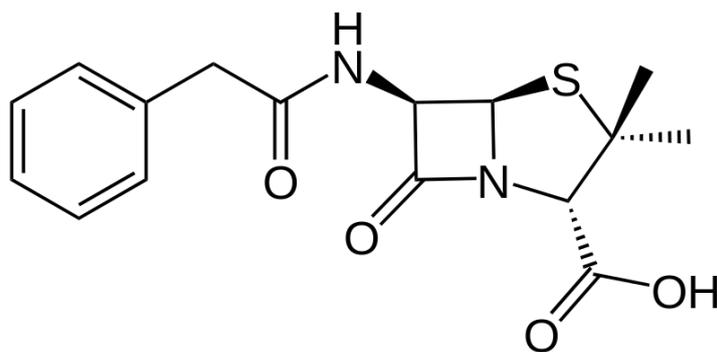
Porém, a amoxicilina não apresenta função cetona nem amina. Na verdade, os grupos C = O estão acompanhados de nitrogênio, o que caracteriza a função amida.



Gabarito: B

**67. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A amoxicilina é um antibiótico derivado da penicilina muito utilizado no tratamento de infecções bacterianas. Sua fórmula estrutura está representada a seguir.

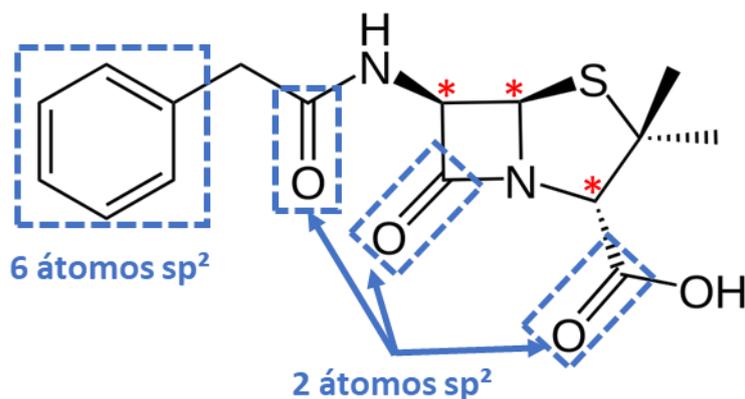


A respeito da amoxicilina, assinale a alternativa que indica o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:

- a) 2 e 10
- b) 2 e 8
- c) 3 e 8
- d) 3 e 12
- e) 4 e 12

**Comentários**

Vamos marcar os carbonos quirais e os átomos  $sp^2$  na estrutura do composto.



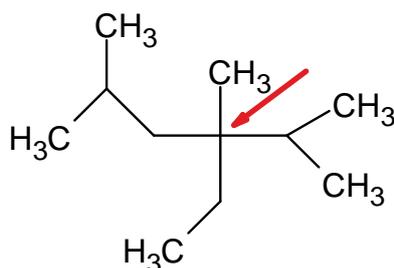
É importante observar que os oxigênios também são átomos  $sp^2$ , pois estão formando uma ligação dupla com o carbono. Pegadinha braba essa, não?

São, portanto, 3 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

**Gabarito: D**

**68. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Durante uma aula sobre hidrocarbonetos, um aluno de uma escola militar se deparou com o seguinte composto:

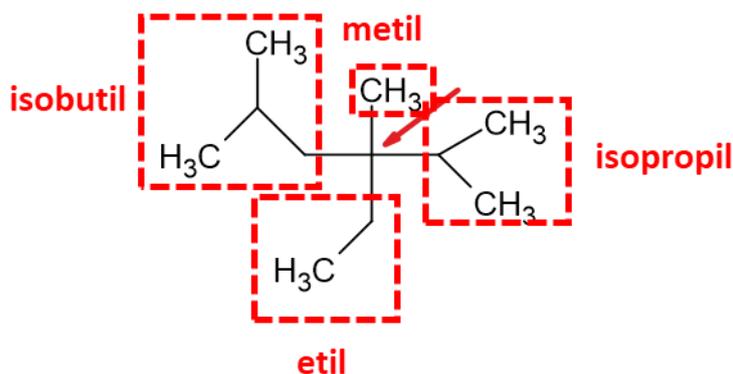


Assinale a alternativa que indica o nome dos radicais ligados ao carbono destacado com a seta:

- a) metil, etil, n-propil e n-butil.
- b) metil, etil, isopropil e isobutil.
- c) metil, etil, n-propil e isobutil.
- d) metil, etil, n-propil e sec-butil.
- e) metil, etil, isopropil e n-butil.

**Comentários**

Vamos marcar todos os radicais ligados ao carbono marcado.



Devemos notar que o radical isobutil tem carbono primário ligado a dois grupos  $\text{CH}_3$ – nas pontas, como mostrado acima. Ele não pode ser confundido com o sec-butil, em que a valência está localizada em carbono secundário.

O isopropil também tem dois grupos  $\text{CH}_3$ – nas pontas. Não pode ser confundido com o n-propil, que é de cadeia normal.

**Gabarito: B**

### 69. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Durante uma aula de química orgânica, alunos de uma escola militar analisaram diversos compostos e os associaram com o tipo de isomeria plana correspondente que eles apresentam entre si. Foram feitas as seguintes associações:

I – os compostos metoxipropano e etoxietano apresentam metameria.

II – o prop-2-en-1-ol é um tautômero da propanona.

III – os compostos hex-2-eno e hex-3-eno apresentam isomeria de posição.

IV – o etanoato de metila é um isômero de função do ácido propanóico.

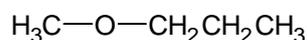
Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

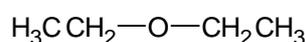
### Comentários

Vamos analisar os casos de isomeria.

I – A metameria consiste em dois isômeros que se diferenciam entre si pela posição do heteroátomo.



**metoxietano**

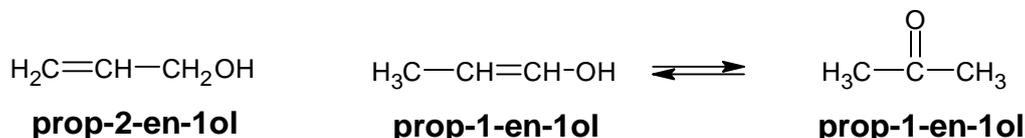


**etoxietano**



É o que acontece entre o metoxietano e o etoxietano. Eles se diferenciam apenas pela posição do heteroátomo, que, no caso, é o oxigênio. Afirmação correta.

II – O prop-2-en-1-ol é um álcool insaturado, portanto, não tem nada a ver com a tautomeria da cetona, que envolve um enol, mais especificamente, o prop-1-en-1-ol.



Afirmação incorreta.

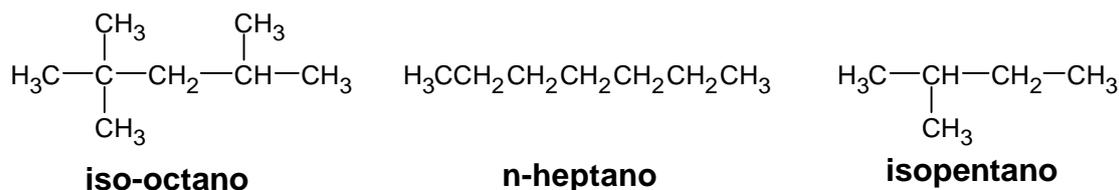
III – Esses dois compostos se diferenciam pela posição da ligação dupla. Afirmação correta.

IV – O etanoato de metila é um éster e o ácido propanóico é um ácido carboxílico. Portanto, eles realmente pertencem a funções diferentes. Logo, são isômeros de função. Afirmação correta.

**Gabarito: B**

### 70. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Dentre os compostos encontrados na gasolina, destacam-se:



A respeito desses compostos, são feitas as seguintes afirmações:

I – O iso-octano e o n-heptano são isômeros de cadeia.

II – Uma possível nomenclatura IUPAC para o iso-octano seria 2,2,4-trimetil-pentano.

III – Encontram-se dois compostos de cadeia ramificada e um composto de cadeia normal.

IV – Uma possível nomenclatura IUPAC para o isopentano seria metil-pentano.

V – Todos os compostos apresentam cadeia saturada.

Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

a) Apenas I, II e III.

b) Apenas I, II e V.

c) Apenas II, IV e V.

d) Apenas III, IV e V.

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

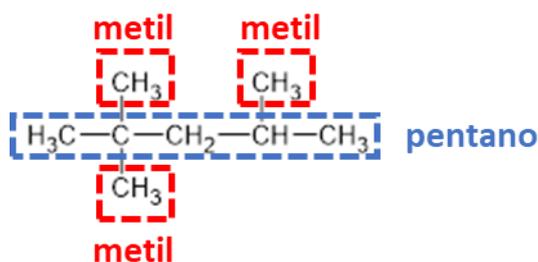
### Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – O iso-octano tem 8 carbonos e o n-heptano tem 7 carbonos. Portanto, eles não são isômeros. Afirmação incorreta.



II – Podemos numerar a cadeia e marcar as ramificações encontradas na cadeia principal.



**2,2,4-trimetil-pentano**

Afirmação correta.

III – Somente o n-heptano tem cadeia normal. Afirmação incorreta.

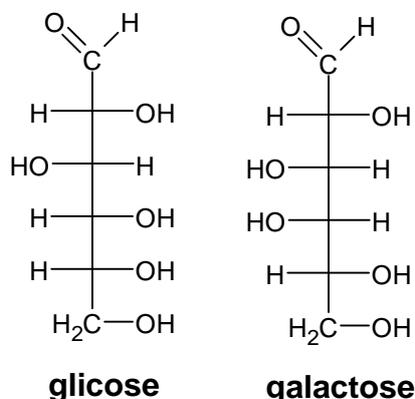
IV – Isso mesmo. O isopentano tem um grupo metil ligado a uma cadeia saturada de 4 carbonos. Afirmação correta.

V – Sim. Não há nenhuma ligação dupla ou tripla. Todos os compostos apresentados são saturados. Afirmação correta.

**Gabarito: C**

### 71. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Considere as seguintes estruturas para a glicose e a galactose:



A respeito da isomeria óptica, assinale a opção correta:

I – Um par de enantiômeros apresenta exatamente as mesmas propriedades físicas, exceto o sentido do desvio do plano da luz polarizada.

II – O ácido tartárico (2,3-di-hidróxi-butanodióico) apresenta dois pares de enantiômeros.

III – A glicose e a galactose são enantiômeros.

Das afirmações acima, está (ão) correta(s):

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



e) I, II e III.

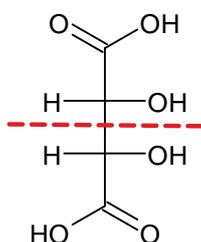
### Comentários

Vamos analisar as afirmações.

I – Exatamente isso. Os pares de enantiômeros possuem exatamente as mesmas propriedades físicas. A única diferença entre eles é o sentido do desvio do plano da luz polarizada. Afirmação correta.

II – O ácido tartárico apresenta dois carbonos quirais e iguais, portanto, ele apresenta um mesocomposto opticamente inativo. Afirmação incorreta.

Vejam a estrutura do mesocomposto opticamente inativo do ácido tartárico, evidenciando o plano de simetria.

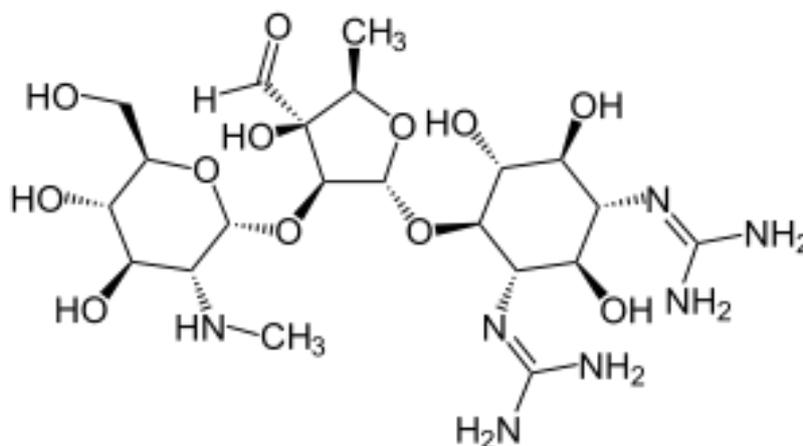


III – A glicose pode ser transformada na galactose fazendo uma troca em um dos carbonos e mantendo a configuração dos demais. Dessa forma, elas são diastereoisômeros. Vale lembrar que dois enantiômeros podem ser obtidos fazendo uma mudança de configuração em todos os carbonos da molécula. Afirmação incorreta.

**Gabarito: D**

### 72. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A estreptomicina é um medicamento antibacteriano, utilizado no tratamento de infecções, como a tuberculose e a brucelose, cuja fórmula estrutural está apresentada a seguir.



Assinale a alternativa que apresenta o número de carbonos quirais e o número de átomos  $sp^2$  presentes na molécula:

- a) 13 e 3
- b) 15 e 3
- c) 13 e 4

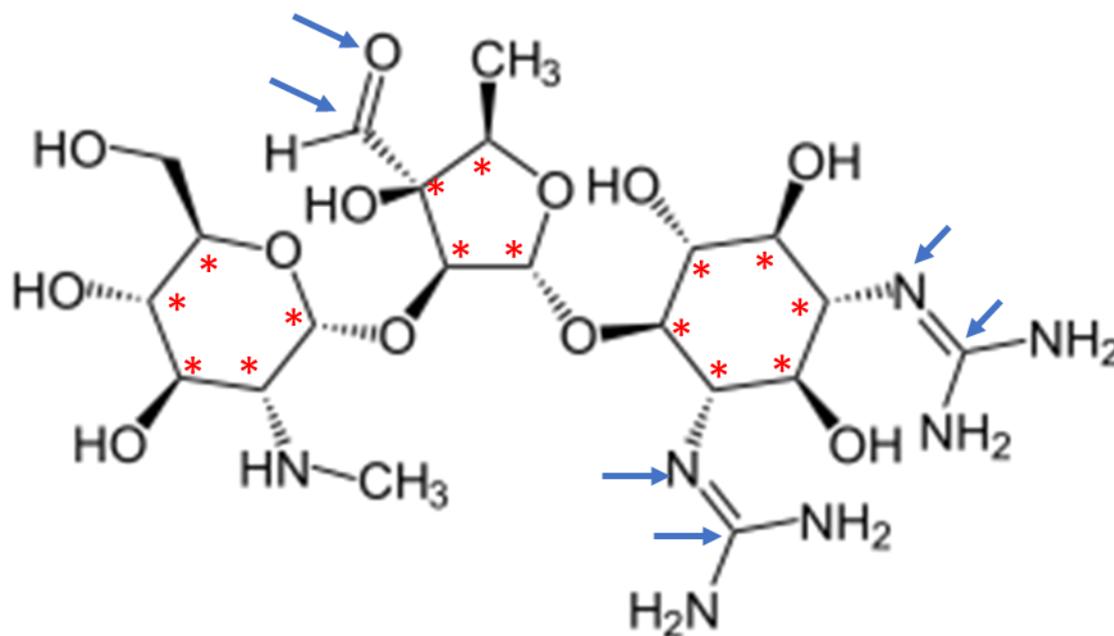


d) 13 e 6

e) 15 e 6

### Comentários

Vamos marcar com um asterisco os carbonos quirais e com uma seta os átomos  $sp^2$  – perceba que foram pedidos todos os átomos, e não somente os átomos de carbono.

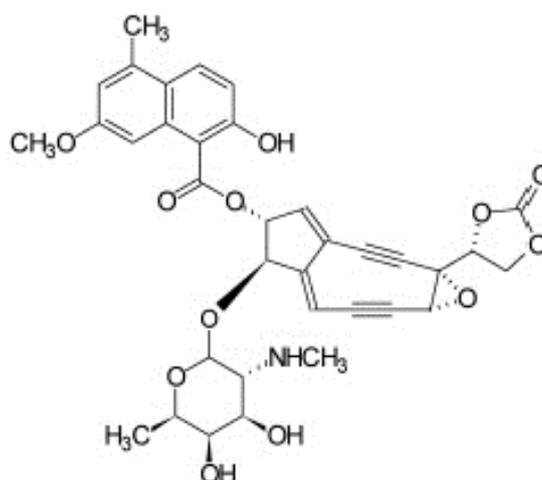


Fomos capazes, portanto, de localizar 15 carbonos quirais e 6 átomos  $sp^2$ .

**Gabarito: E**

### 73. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

A neocarzinostatina é um antibiótico da família das enediinas produzida pela *Streptomyces macromomyceticus*. Ela é bastante utilizada no tratamento de tumores. Sua fórmula molecular é representada a seguir.



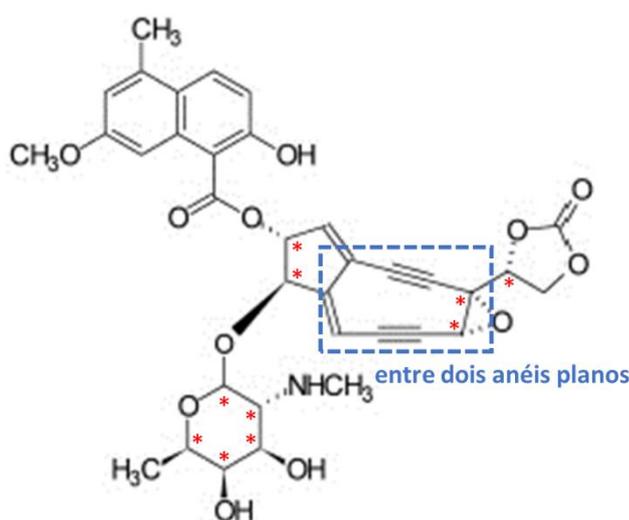


Assinale a alternativa que indica o número de isômeros ópticos dessa substância:

- a)  $2^8$
- b)  $2^9$
- c)  $2^{10}$
- d)  $2^{11}$
- e)  $2^{12}$

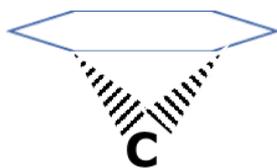
**Comentários**

Podemos contar na molécula 10 carbonos quirais.

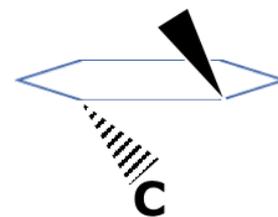
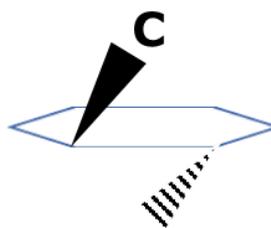


Com base somente na contagem de carbonos quirais, poderíamos imaginar que haveria  $2^{10}$  isômeros ópticos para a neocarzinostatina.

Porém, perceba que dois deles se situam entre dois anéis planos. Perceba que, nesses casos, não existem as 4 posições imagináveis. Apenas duas delas são possíveis.



**Configurações Possíveis**



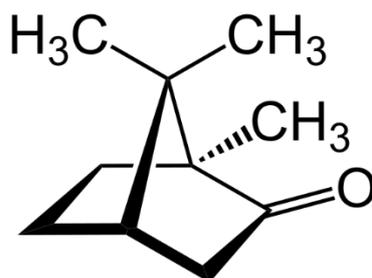
**Configurações Impossíveis**

Portanto, metade dos isômeros ópticos não é possível. Logo, o número de isômeros ópticos possíveis para o composto em estudo é  $2^9$ .

**Gabarito: B**



A cânfora é representada pela estrutura a seguir:

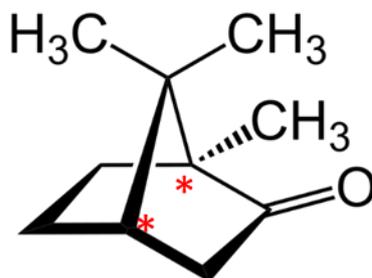


A respeito dos isômeros espaciais apresentados por essa substância, podemos dizer que a cânfora:

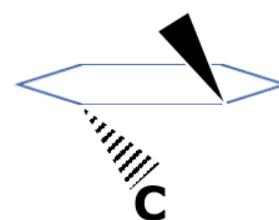
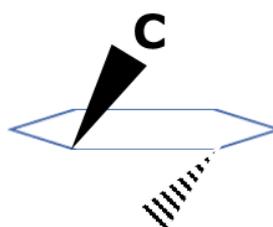
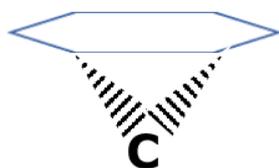
- a) Apresenta apenas um par de enantiômeros.
- b) Apresenta apenas um par de diastereoisômeros.
- c) Apresenta dois pares de enantiômeros.
- d) Apresenta quatro diastereoisômeros.
- e) Não apresenta isômeros espaciais.

### Comentários

Observe que a cânfora tem dois carbonos quirais.



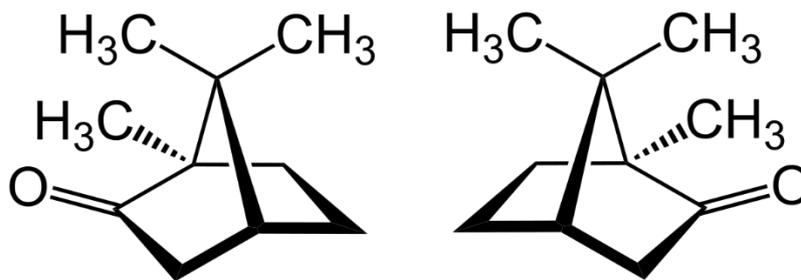
A princípio dois carbonos quirais produziriam quatro isômeros ópticos. Porém, note que os dois carbonos quirais se localizam entre dois anéis, portanto, não existe total liberdade de movimentação.



### Configurações Possíveis

### Configurações Impossíveis

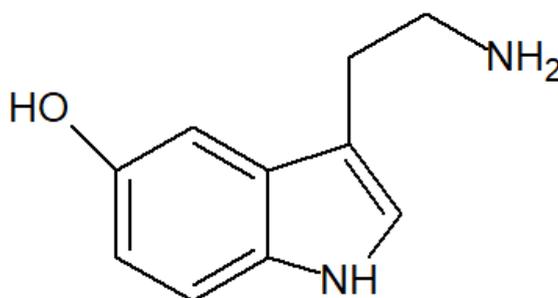
Dessa forma, a cânfora apresenta apenas um par de enantiômeros.



Gabarito: A

**75. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

A serotonina é conhecida como o hormônio da felicidade. É um importante neurotransmissor que regula o apetite, equilibra o desejo sexual, controla a temperatura corporal e a atividade motora. Sua fórmula estrutural é mostrada a seguir.

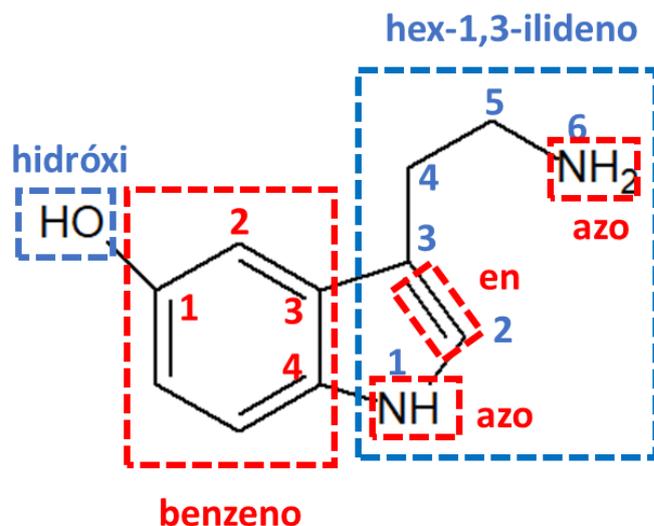


Uma nomenclatura IUPAC

- a) 1,2-[(1,6-diazo)-hex-1,3-ilideno]-4-hidróxibenzeno
- b) 1,2-[(1,6-diazo)-hex-1,3-ileno]-4-hidróxibenzeno
- c) 3,4-[(1,6-diazo)-hex-2-en-1,3-ilideno]-1-hidróxibenzeno
- d) 3,4-[(1,6-diazo)-hex-2-en-1,3-ileno]-1-hidróxibenzeno
- e) N-Fenileno-but-2-eno-1,4-diamina

**Comentários**

Vamos escrever o nome levando em consideração o hidróxibenzeno como ciclo principal e o resto como ramificação, dada a prioridade nomenclatura. Desse modo, fica da seguinte forma:–

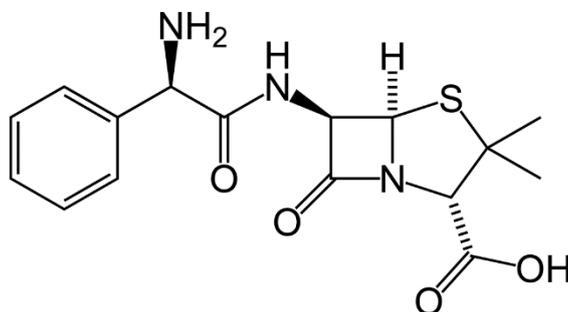


**3,4-[(1,6-diazo)-hex-2-en-1,3-ilideno]-1-hidróxi benzeno**

Gabarito: C

76. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Dada a estrutura química da amoxicilina:

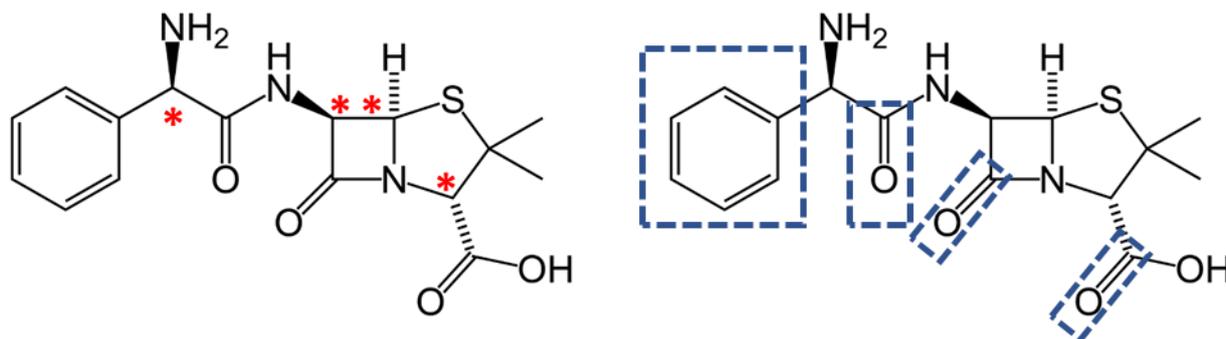


Pode-se afirmar que ela apresenta:

- a) 4 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$
- b) 4 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$
- c) 5 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$
- d) 5 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$
- e) 6 carbonos quirais e 9 átomos  $sp^2$

### Comentários

Vamos marcar com um asterisco os carbonos quirais e circular com um quadrado os átomos  $sp^2$ , observando que os átomos de oxigênio que formam as ligações duplas também são  $sp^2$ .

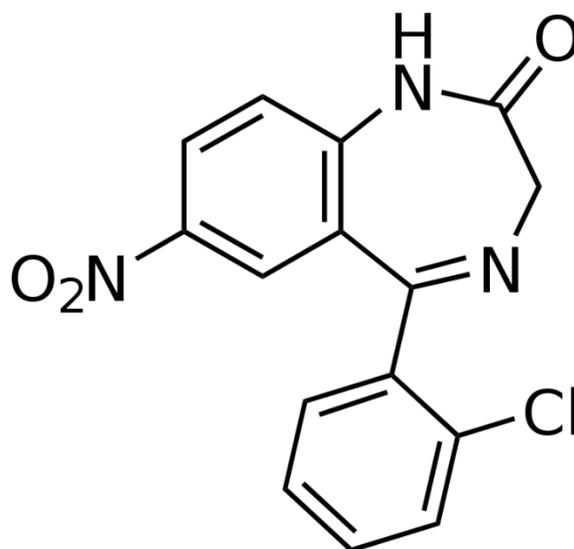


São, portanto, 4 carbonos quirais e 12 átomos  $sp^2$ .

**Gabarito: B**

**77. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

O clonazepam é um fármaco que inibe o sistema nervoso central, agindo como anticonvulsivo, facilita o relaxamento muscular e exerce efeito tranquilizante. Sua fórmula molecular é representada a seguir:

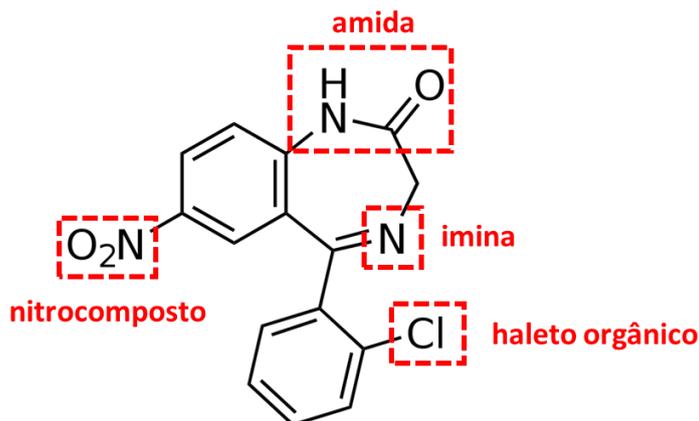


As funções orgânicas presentes nesse composto são:

- a) Nitrocomposto, amina, cetona e haleto orgânico.
- b) Nitrocomposto, amida, amina e haleto orgânico.
- c) Nitrocomposto, amida, imina e haleto orgânico.
- d) Nitrocomposto, éster, amina e haleto orgânico.
- e) Éster, amida, imina e haleto orgânico.

**Comentários**

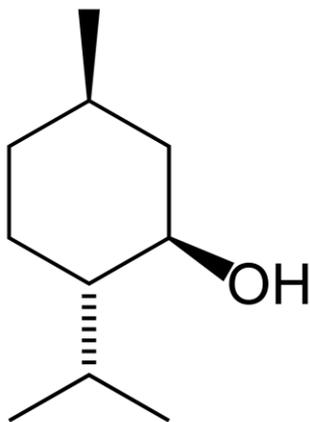
Vamos marcar os grupos funcionais e suas respectivas funções.



Gabarito: C

**78. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

O mentol é um material ceroso, cristalino, de cor clara ou branca que pode ser extraído de óleos, como o de pimenta. Possui um notório efeito refrescante e anestésico local. Sua estrutura é representada a seguir:



A respeito de sua estrutura, são feitas as seguintes afirmações:

- I – Apresenta 8 estereoisômeros, sendo 4 pares de enantiômeros.
- II – Uma possível nomenclatura para esse composto é 5-metil-2-isopropil-cicloexan-1-ol.
- III – É um álcool secundário de cadeia cíclica.

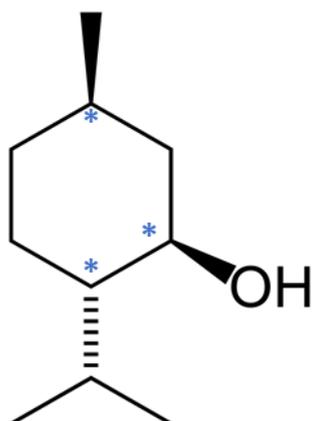
Das afirmações acima, está (ão) CORRETA(S):

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

**Comentários:**

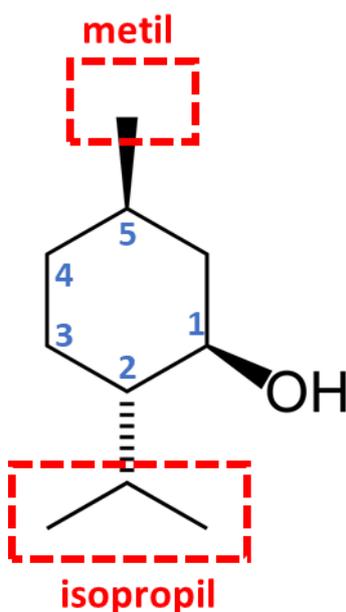


I – Vamos marcar os carbonos quirais da molécula.



Como são três carbonos quirais, a molécula apresentará  $2^3 = 8$  estereoisômeros, sendo 4 pares de enantiômeros. Afirmação correta.

II – Vamos destrinchar a molécula, conferindo a posição 1 ao grupo –OH e dando a nomenclatura apropriada para os radicais ligados à cadeia principal



Como a cadeia principal é cíclica e tem 6 átomos de carbono, o nome do composto realmente é 5-metil 2-isopropil cicloexan-1-ol. Afirmação correta.

III – Observamos que o grupo –OH está ligado a um carbono secundário e que a cadeia é realmente cíclica, sendo formada por um anel de 6 membros. Afirmação correta.

**Gabarito: E**

**79. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Assinale a afirmação que indica um composto que é opticamente ativo:

- a) penta-2,3-dieno.
- b) trans-1,4-dicloro-cicloexano
- c) ácido (2R, 3S) di-hidróxi-butanodióico.

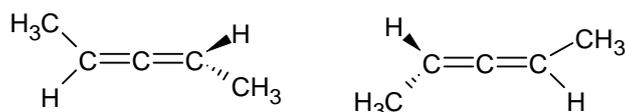


- d) cis-1,4-dicloro-cicloexano  
e) ácido 2-oxobutanodióico.

### Comentários

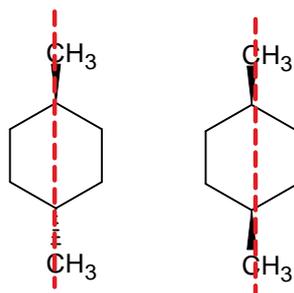
Vamos analisar as afirmações.

a) Trata-se de um composto bem interessante, um caso particular muito importante de ser registrado a respeito de isomeria óptica. Os alenos substituídos, ou seja, derivados do propadieno apresentam isomeria óptica.



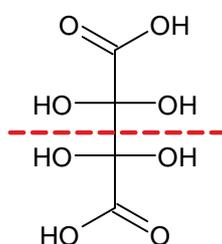
Afirmação correta.

a) Tanto o trans como o cis-1,4-dicloro cicloexano apresentam planos de simetria, portanto, não apresentam atividade óptica.

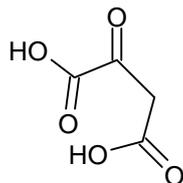


Afirmação incorreta.

b) Trata-se de um interessante caso em que, embora o composto tenha dois carbonos quirais, mas que apresenta plano de simetria. Trata-se de um mesocomposto. Afirmação incorreta.



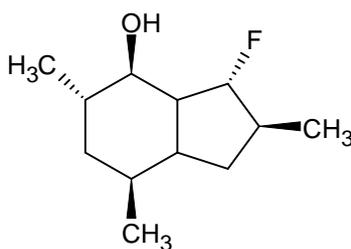
- c) Como vimos na letra B, há um plano de simetria na molécula. Afirmação incorreta.  
d) Aqui, não há nenhum carbono quiral nem nenhuma fonte de atividade óptica. Afirmação incorreta.



**Gabarito: A**

**80. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Considere o seguinte composto:

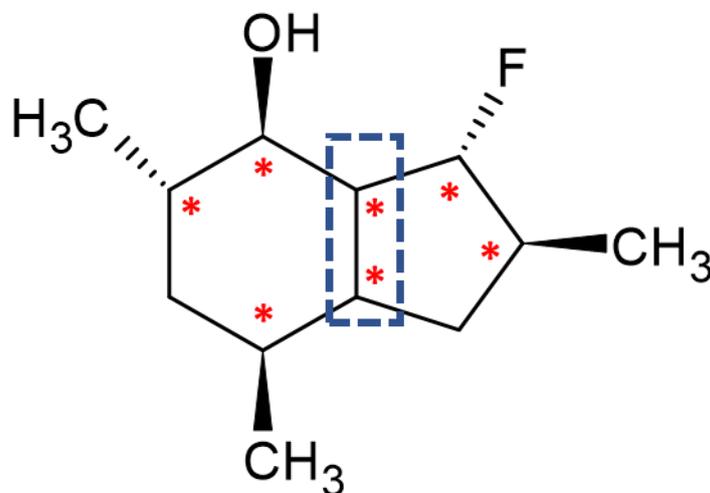


O número de isômeros ópticos que essa estrutura apresenta é:

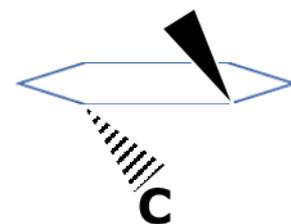
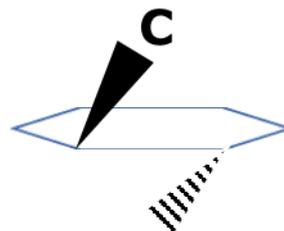
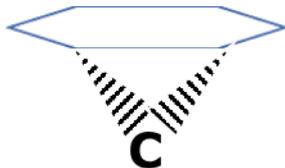
- a) 16
- b) 32
- c) 64
- d) 128
- e) 256

**Comentários:**

Vamos marcar os 7 carbonos quirais presentes na estrutura, notando que temos um par de carbonos quirais que se localizam entre dois anéis.



Esse par de carbonos quirais conta como um único, porque eles somente podem se organizar em duas configurações, e não quatro.



## Configurações Possíveis

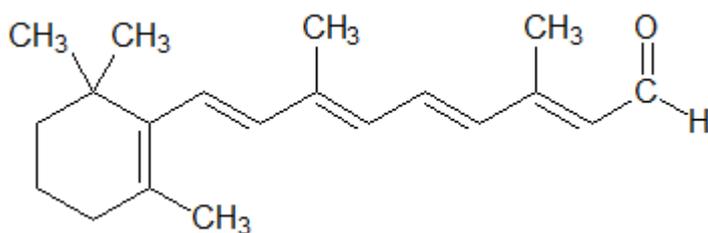
## Configurações Impossíveis

Portanto, os 7 carbonos quirais contam como 6, totalizando  $2^6$  isômeros ópticos.

Gabarito: C

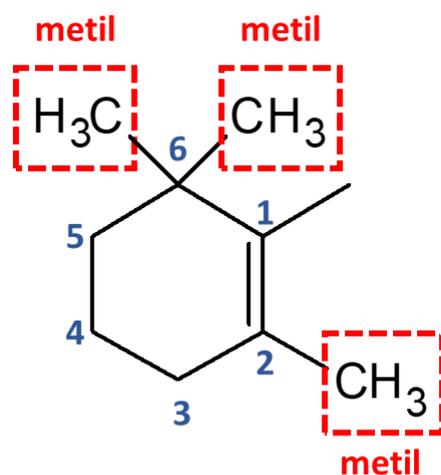
### 81. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

Proponha uma nomenclatura IUPAC para o retinal.



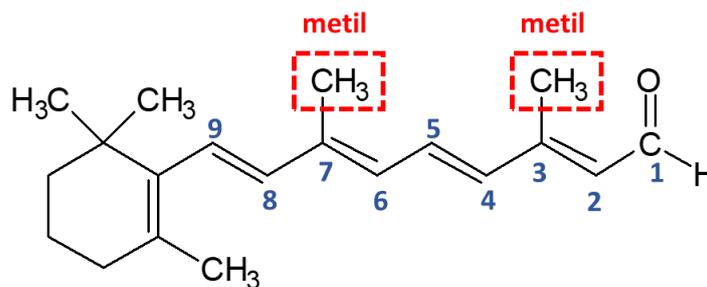
### Comentários

Desafio interessante de nomenclatura. Primeiramente, podemos nomear o radical derivado do ciclo de 6 carbonos.



### 2,2,6-trimetil-cicloex-2-enil

Agora, vejamos a parte correspondente à cadeia aberta do composto.



**3,5-dimetil-nona-2,4,6,8-tetraenal**

Podemos, então, juntar o nome desse radical cíclico a essa cadeia aberta. Assim, o composto seria 3,5-dimetil-9-[2,2,6-trimetil-cicloex-2-enil]-nona-2,4,6,8-tetraenal.

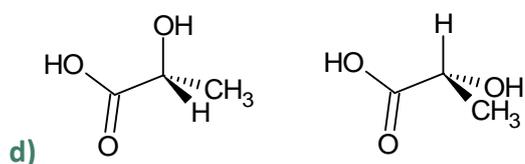
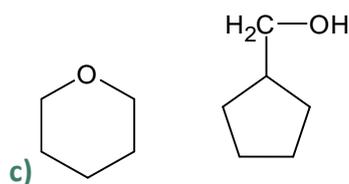
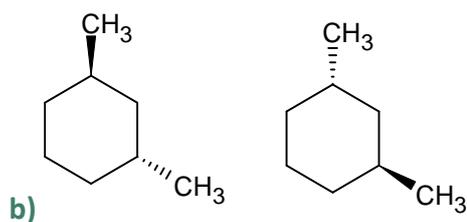
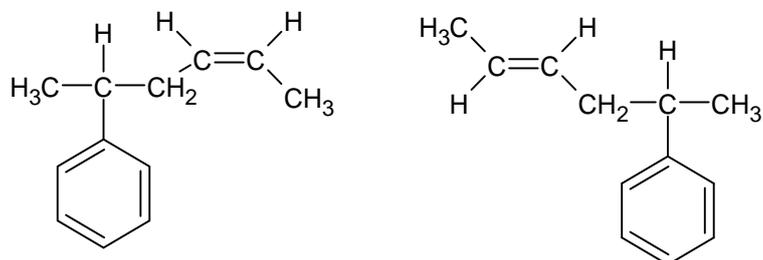
Além disso, devemos notar que o retinal apresenta isomeria geométrica entre os carbonos 2-3 e 6-7. Em ambos os casos, ele está na configuração E. Logo, devemos acrescentar 2E e 6E ao seu nome.

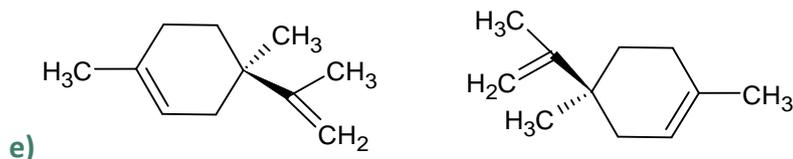
Portanto, o retinal poderia ser chamado (2E,6E)-3,6-dimetil-9-[2,2,6-trimetil-cicloex-2-enil]-nona-2,4,6,8-tetraenal.

**Gabarito: (2E,6E)-3,6-dimetil-9-[2,2,6-trimetil-cicloex-2-enil]-nona-2,4,6,8-tetraenal**

## 82. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

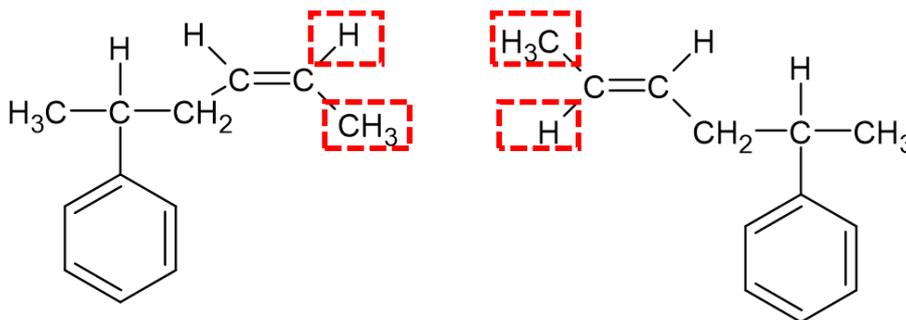
Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.





**Comentários**

a) Observe que há uma troca entre as posições dos grupos  $\text{CH}_3$ - e  $\text{H}$ - está invertida. Dessa forma, os compostos não são um a imagem da outra no espelho. São diastereoisômeros.



- b) O composto trans não tem plano de simetria, portanto, tem-se um par de enantiômeros.
- c) São isômeros de função, logo, isômeros constitucionais.
- d) Vamos identificar o número de trocas realizadas.



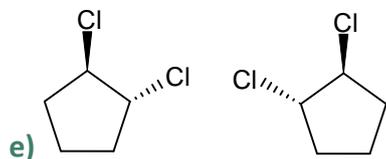
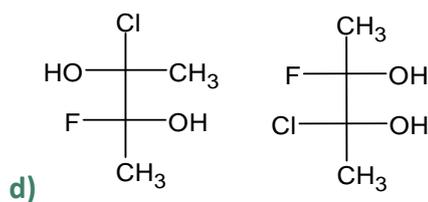
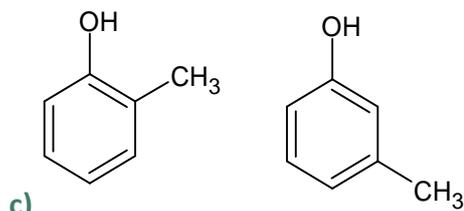
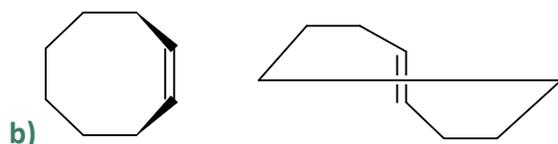
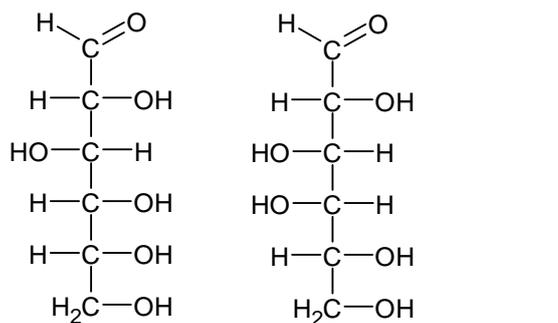
Como marcamos, observamos que foram feitas duas trocas no mesmo carbono quiral, logo, tem-se duas representações do mesmo composto.

e) Observe que uma molécula é a imagem da outra no espelho. Portanto, tem-se um par de enantiômeros.

**Gabarito:** a) diastereoisômeros; b) enantiômeros; c) constitucionais; d) mesmo composto; e) enantiômeros.

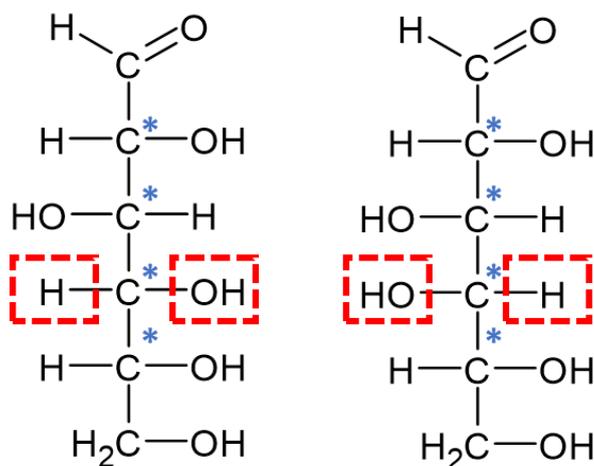
**83. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)**

Estabeleça a relação entre as estruturas de cada par abaixo, identificando-as como enantiômeros, diastereoisômeros, isômeros constitucionais ou representações diferentes de um mesmo composto.



### Comentários

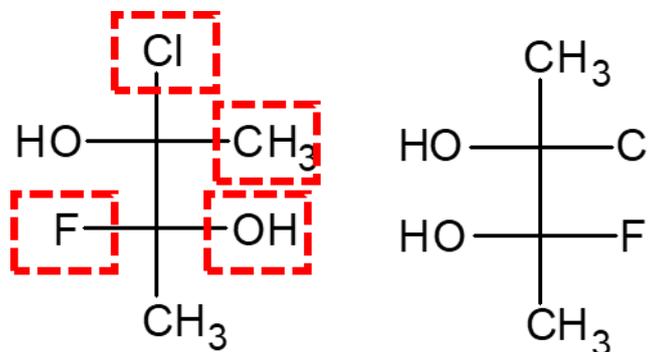
a) Observe que os compostos têm 4 carbonos quirais. Entre eles, há uma troca na posição de apenas um carbono.



Dessa forma, 3 carbonos quirais tiveram sua configuração mantida e 1 carbono quiral teve sua configuração invertida. Logo, são um par de diastereoisômeros.



- b) Observe que há uma isomeria cis-trans em torno da ligação dupla. Logo, são diastereoisômeros.  
 c) São isômeros de posição, logo, são isômeros constitucionais.  
 d) Primeiramente, vamos girar a fórmula estrutura da esquerda.



Observe que, depois de girar a molécula da direita, observe que, em cada carbono quiral, é feita uma troca. Portanto, todos os carbonos quirais da molécula sofreram inversão de configuração. Dessa forma, tem-se um par de enantiômeros.

- e) O composto não tem plano de simetria, logo, tem-se um par de enantiômeros.

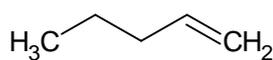
**Gabarito: a) diastereoisômeros; b) diastereoisômeros; c) constitucionais; d) enantiômeros; e) enantiômeros.**

#### 84. (Estratégia Militares – TFC – Inédita)

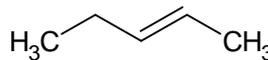
Desenhe as fórmulas estruturais de todos os isômeros (planos e espaciais) do penteno.

#### Comentários

Primeiramente, notemos que, com o nome penteno, existem dois isômeros de posição da ligação dupla.

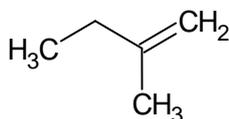


**pent-1-eno**

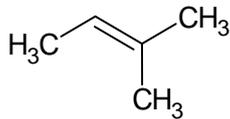


**pent-2-eno**

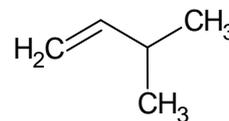
Podemos contar também os isômeros de cadeia ramificada. Só existem com cadeia principal de 4 carbonos.



**2-metil-but-1-eno**



**metil-but-2-eno**

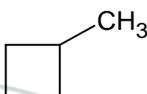


**3-metil-but-1-eno**

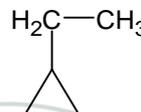
Vale notar que os alcenos são isômeros de cadeia dos ciclanos. Portanto, podemos considerar os isômeros de cadeia cíclica, com 3, 4 ou 5 carbonos.



**ciclopentano**



**metil-ciclobutano**



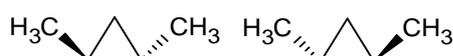
**etil-ciclopropano**



Temos também os isômeros com o nome dimetil-ciclopropano. Nesse caso, existem os isômeros cis (Z) e trans (E).



**Z-dimetil-ciclopropano**



**E-dimetil-ciclopropano**

O isômero cis (Z) apresenta plano de simetria, portanto, não apresenta um enantiômero. Porém, o isômero trans (E) não apresenta plano de simetria, logo, apresenta enantiômeros.

**Gabarito: discursiva**

## 9. Considerações Finais

Chegamos ao final de mais uma aula, em que começamos a falar sobre Química Orgânica, que é uma das frentes mais temidas.

Você precisa dominar muito bem a Isomeria e os efeitos dos grupos funcionais sobre as propriedades físicas dos compostos, pois são temas cobrados com muita frequência.

Não recomendo que você se viciie demais nas regras de nomenclatura, porque são raras as questões diretamente sobre isso. Existem e vamos nos preparar para elas, mas, veremos mais adiante nos capítulos sobre cada uma das funções orgânicas separadamente em mais detalhes.

Não hesite em me contactar para tirar suas dúvidas, porque você está se preparando para um certame em que a matéria é cobrada em um nível muito grande de detalhes.