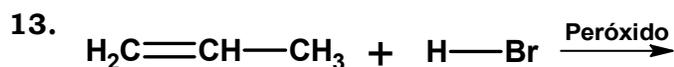
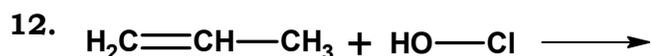
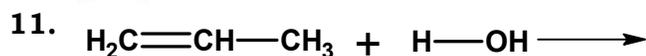
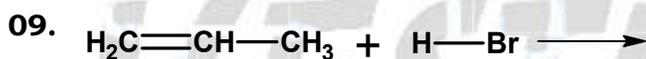
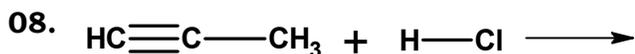


**EXERCÍCIOS SOBRE REAÇÕES ORGÂNICAS DE ADIÇÃO**

Enunciado dos exercícios de 01 a 13: Dê as equações químicas globais das reações orgânicas listadas a seguir.

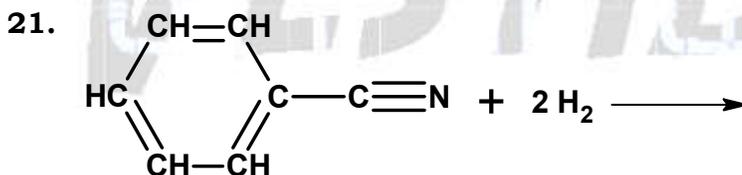
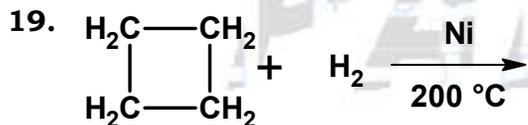
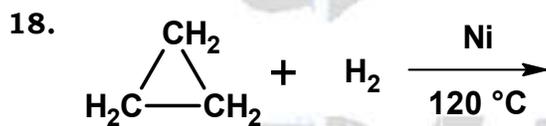
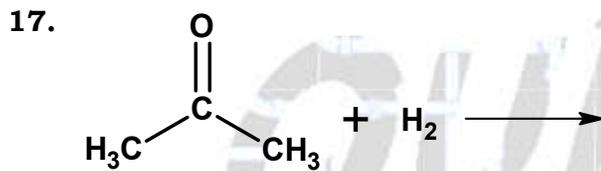
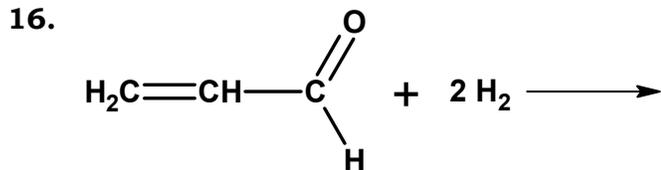
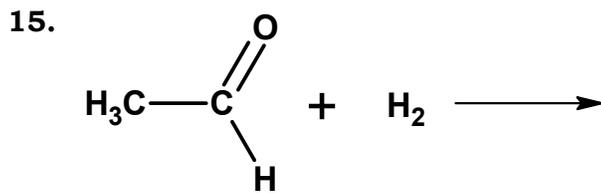
**Observação:** a regra de Markovnikov, resumidamente, diz que o cátion do reagente deve ser adicionado ao carbono mais hidrogenado da dupla ou tripla ligação.

No caso da adição de HBr na presença de peróxido esta regra é invertida, ou seja, o cátion do reagente deve ser adicionado ao carbono menos hidrogenado da dupla ou tripla ligação.



14. Equacione a reação de hidrogenação enérgica (adição de  $\text{H}_2$ ) do benzeno a  $200\text{ }^\circ\text{C}$  catalisada com níquel.

Enunciado dos exercícios de 15 a 21: Dê as equações químicas globais das reações orgânicas de redução (ou hidrogenação) listadas a seguir.



22. (UNESP) Sabendo-se que os aldeídos são reduzidos a álcoois primários e as cetonas a álcoois secundários, escreva as fórmulas estruturais e os nomes dos compostos utilizados na preparação de butan-1-ol e butan-2-ol por processos de redução.

23. (UNIRIO) O etino, sob o ponto de vista industrial, constitui uma das mais importantes matérias-primas. A partir dele pode-se obter o cloro-eteno ou cloreto de vinila, precursor para a fabricação de canos e tubulações de plástico, cortinas para box, couro artificial, etc. A preparação do cloro-eteno a partir do etino e do ácido clorídrico é uma reação de:

- a) adição.      b) eliminação.      c) oxidação.      d) sulfonação.      e) saponificação.

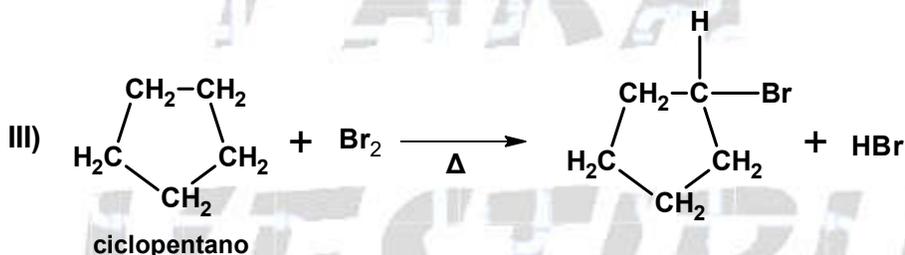
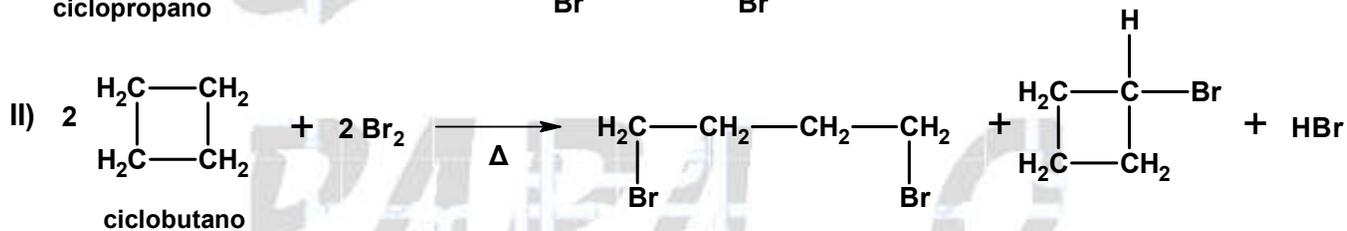
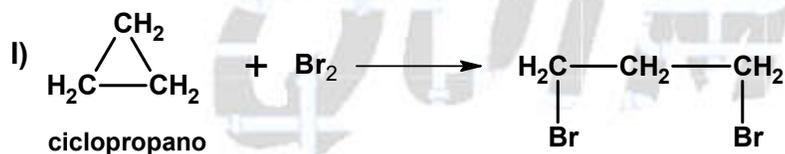
24. (UNIRIO) As margarinas são gorduras vegetais resultantes da hidrogenação parcial de óleos vegetais insaturados, em presença de níquel como catalisador. O processo citado pode ser classificado como uma reação de:

- a) adição.
- b) eliminação.
- c) oxidação.
- d) esterificação.
- e) craqueamento.

25. (PUC-Rio) O benzeno, produto altamente tóxico, pode ser transformado em outro composto menos tóxico que é o ciclo-hexano, através da reação de:

- a) oxidação.
- b) hidrogenação.
- c) nitração.
- d) sulfonação.
- e) polimerização.

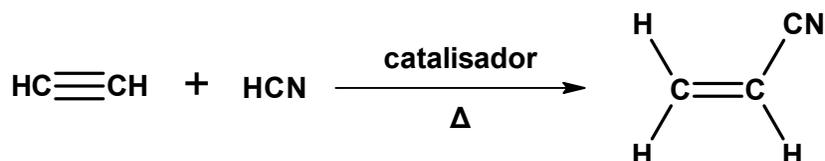
26. (FUVEST) Cicloalcanos sofrem reação de bromação conforme mostrado a seguir:



a) Considerando os produtos formados em I, II e III, o que se pode afirmar a respeito da estabilidade relativa dos anéis com três, quatro e cinco átomos de carbono? Justifique.

b) Dê o nome de um dos compostos orgânicos formados nessas reações.

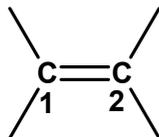
27. (FUVEST) O cianeto de vinila pode ser produzido como mostrado adiante. Analogamente, o ácido acético pode se adicionar ao acetileno, produzindo um composto insaturado. A polimerização deste último produz o polímero poli (acetato de vinila).



a) Escreva a fórmula estrutural do produto de adição do ácido acético ao acetileno.

b) Dê a fórmula estrutural da unidade que se repete na cadeia do poli (acetato de vinila).

28. (FUVEST) O composto A, B e C são alcenos em que os átomos ou grupos de átomos estão ligados aos carbonos 1 e 2, conforme indicado na tabela a seguir.

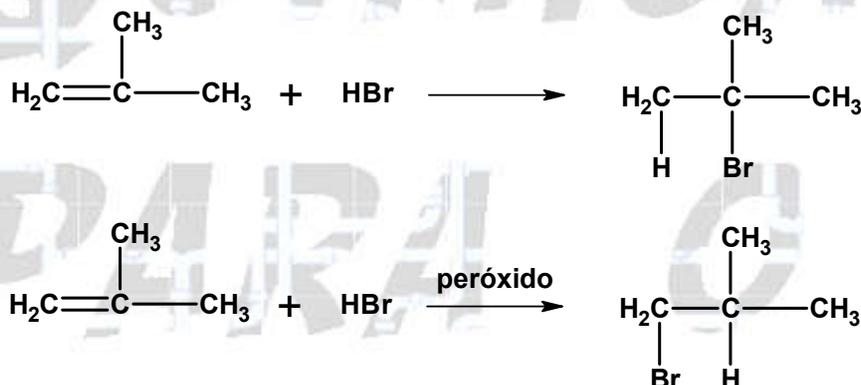


Compostos	Átomos ou grupos de átomos ligados aos carbonos	
	1	2
<b>A</b>	H, H	CH <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub>
<b>B</b>	CH <sub>3</sub> , H	CH <sub>3</sub> , H
<b>C</b>	Br, Br	H, Br

a) A, B e C apresentam isomeria cis-trans? Explique através de fórmulas estruturais.

b) A reação do composto B com HBr leva à formação de isômeros? Justifique.

29. (FUVEST) A adição de HBr a um alceno pode conduzir a produtos diferentes caso, nessa reação, seja empregado o alceno puro ou o alceno misturado a uma pequena quantidade de peróxido.

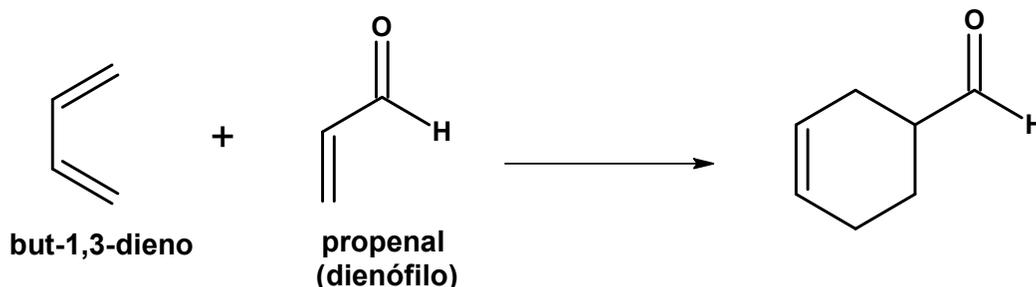


a) O 1-metilciclopenteno reage com HBr de forma análoga. Escreva, empregando fórmulas estruturais, as equações que representam a adição de HBr a esse composto na presença e na ausência de peróxido.

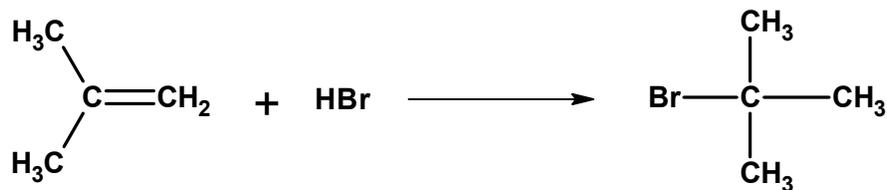
b) Dê as fórmulas estruturais dos metilciclopentenos isoméricos (isômeros de posição).

c) Indique o metilciclopenteno do item b que forma, ao reagir com HBr, quer na presença, quer na ausência de peróxido, uma mistura de metilciclopentanos monobromados que são isômeros de posição. Justifique.

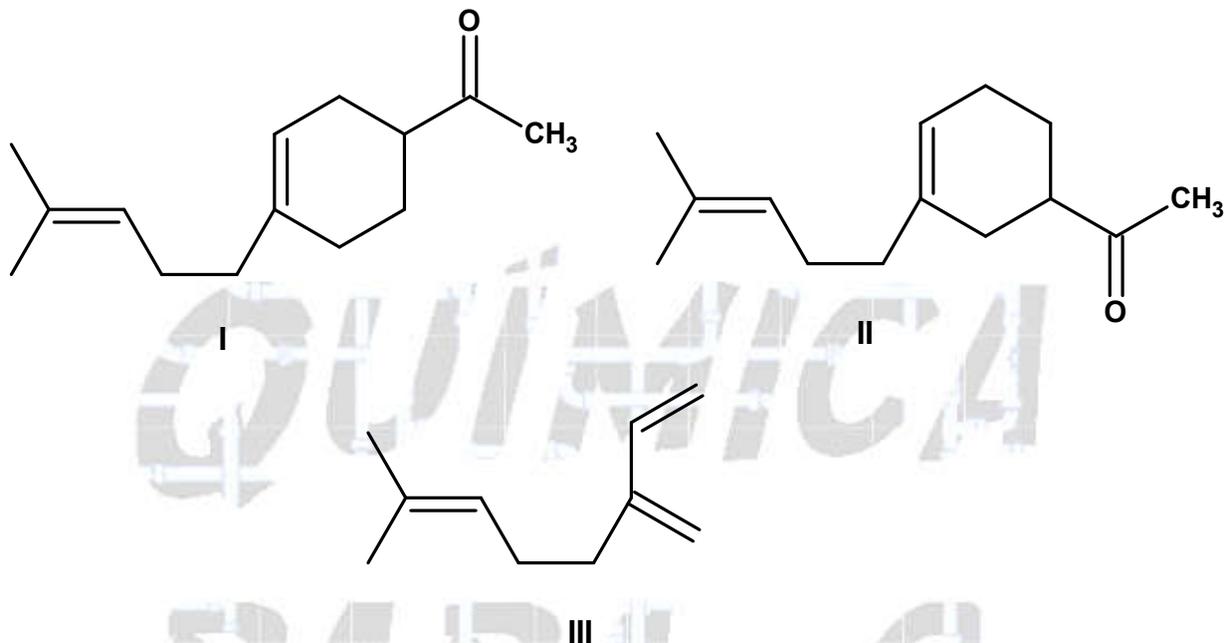
30. (FUVEST) Uma reação química importante, que deu a seus descobridores (O. Diels e K. Alder) o prêmio Nobel (1950), consiste na formação de um composto cíclico, a partir de um composto com duplas ligações alternadas entre átomos de carbono (dieno) e outro, com pelo menos uma dupla ligação, entre átomos de carbono, chamado de dienófilo. Um exemplo dessa transformação é:



Compostos com duplas ligações entre átomos de carbono podem reagir com HBr, sob condições adequadas, como indicado:



Considere os compostos I e II, presentes no óleo de lavanda:

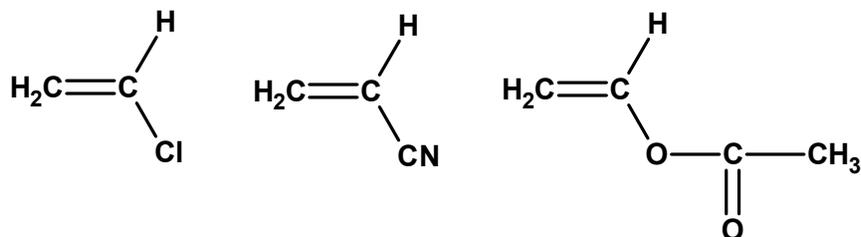


a) O composto III reage com um dienófilo, produzindo os compostos I e II. Mostre a fórmula estrutural desse dienófilo e nela indique, com setas, os átomos de carbono que formaram ligações com os átomos de carbono do dieno, originando o anel.

b) Mostre a fórmula estrutural do composto formado, se 1 mol do composto II reagir com 2 mols de HBr, de maneira análoga à indicada para a adição de HBr ao 2-metilpropeno, completando a equação química da página ao lado.

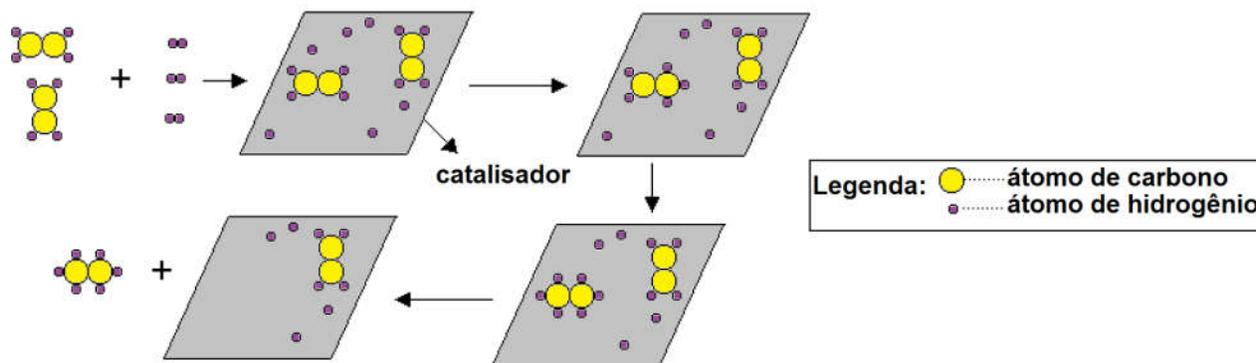
c) Na fórmula estrutural do composto II, (página ao lado), assinale, com uma seta, o átomo de carbono que, no produto da reação do item b, será assimétrico. Justifique.

31. (FUVEST) Os compostos representados a seguir podem ser obtidos por reações de adição de substâncias adequadas ao



- a) metano.
- b) eteno.
- c) etino.
- d) propeno.
- e) but-2-ino.

32. (FUVEST) O esquema abaixo representa uma transformação química que ocorre na superfície de um catalisador.



Uma transformação química análoga é utilizada industrialmente para a obtenção de

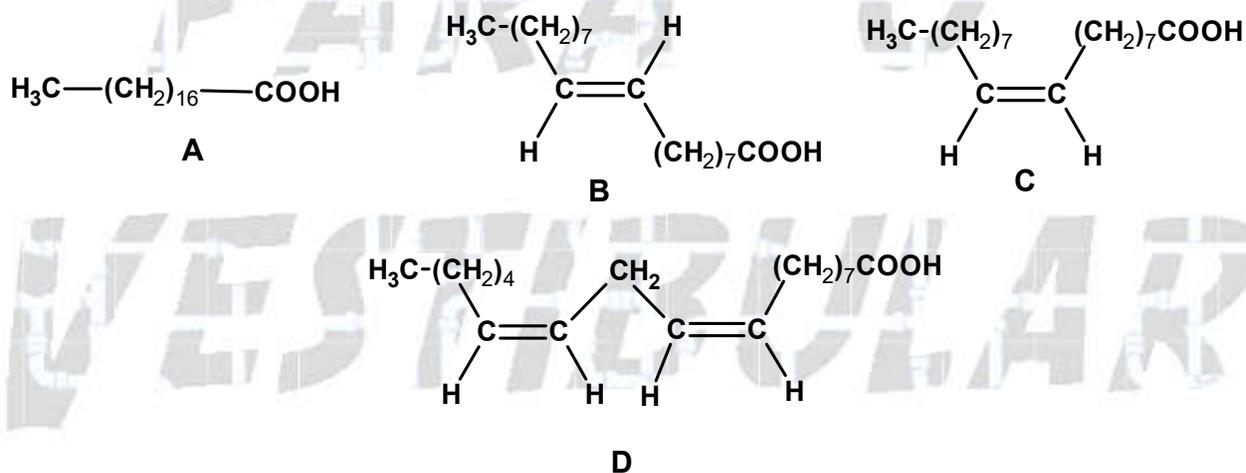
- a) polietileno a partir de etileno.
- b) celulose a partir de glicose.
- c) peróxido de hidrogênio a partir de água.
- d) margarina a partir de óleo vegetal.
- e) naftaleno a partir de benzeno.

33. (FUVEST) “Durante muitos anos, a gordura saturada foi considerada a grande vilã das doenças cardiovasculares. Agora, o olhar vigilante de médicos e nutricionistas volta-se contra a prima dela, cujos efeitos são ainda piores: a gordura *trans*.”

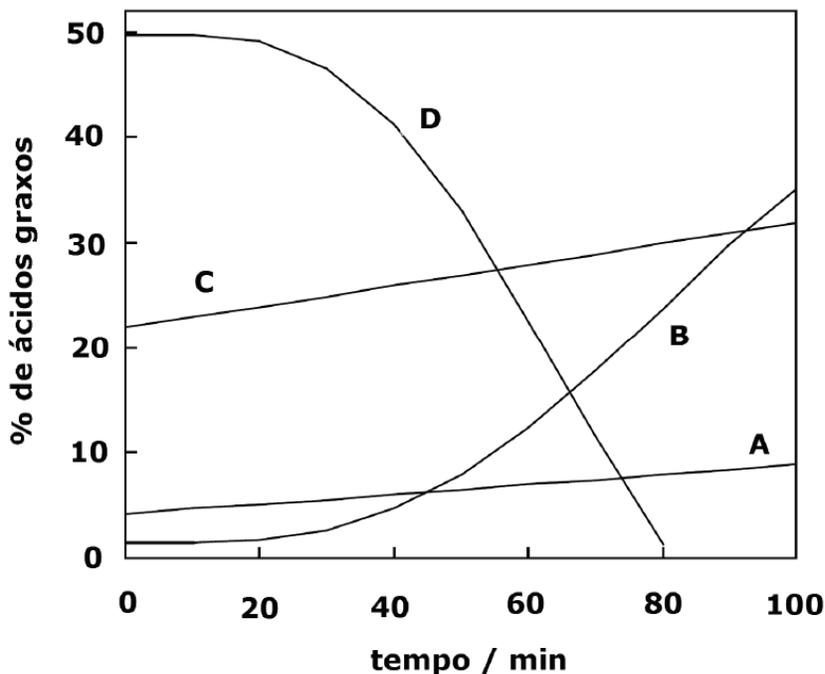
Veja, 2003

Uma das fontes mais comuns da margarina é o óleo de soja, que contém triglicerídeos, ésteres do glicerol com ácidos graxos.

Alguns desses ácidos graxos são:



Durante a hidrogenação catalítica, que transforma o óleo de soja em margarina, ligações duplas tornam-se ligações simples. A porcentagem dos ácidos graxos A, B, C e D, que compõem os triglicerídeos, varia com o tempo de hidrogenação. O gráfico a seguir mostra este fato.



Considere as afirmações:

- I. O óleo de soja original é mais rico em cadeias mono-insaturadas *trans* do que em *cis*.
- II. A partir de cerca de 30 minutos de hidrogenação, cadeias mono-insaturadas *trans* são formadas mais rapidamente que cadeias totalmente saturadas.
- III. Nesse processo de produção de margarina, aumenta a porcentagem de compostos que, atualmente, são considerados pelos nutricionistas como nocivos à saúde.

É correto apenas o que se afirma em

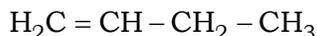
- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e II
- e) II e III

**34.** (PUCAMP) A *margarina* é produzida a partir de óleo vegetal, por meio da hidrogenação. Esse processo é uma reação de **I** na qual uma cadeia carbônica **II** se transforma em outra **III** saturada.

As lacunas **I**, **II** e **III** são corretas e respectivamente substituídas por

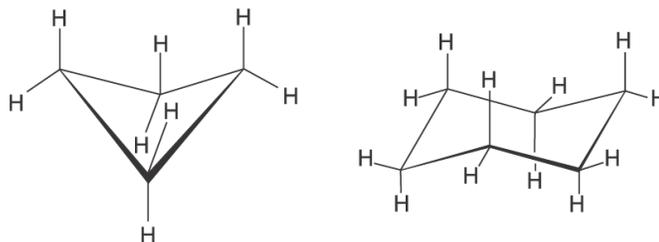
- a) adição - insaturada - menos
- b) adição - saturada - mais
- c) adição - insaturada - mais
- d) substituição - saturada - menos
- e) substituição - saturada - mais

**35.** (FAMERP) Considere a fórmula estrutural do but-1-eno.



- a) Escreva as fórmulas estruturais dos dois isômeros de cadeia cíclica do but-1-eno.
- b) Considerando a regra de Markovnikov, escreva a equação química da reação de adição de água ao but-1-eno e dê o nome da função orgânica à qual pertence o produto dessa reação.

36. (Faculdade Albert Einstein - Medicina) Os cicloalcanos reagem com bromo líquido ( $\text{Br}_2$ ) em reações de substituição ou de adição. Anéis cíclicos com grande tensão angular entre os átomos de carbono tendem a sofrer reação de adição, com abertura de anel. Já compostos cíclicos com maior estabilidade, devido à baixa tensão nos ângulos, tendem a sofrer reações de substituição. Considere as substâncias ciclobutano e cicloexano, representadas a seguir



Em condições adequadas para a reação, pode-se afirmar que os produtos principais da reação do ciclobutano e do cicloexano com o bromo são, respectivamente,

- a) bromociclobutano e bromocicloexano.
- b) 1,4-dibromobutano e bromocicloexano.
- c) bromociclobutano e 1,6-dibromoexano.
- d) 1,4-dibromobutano e 1,6-dibromoexano.

37. (UECE) O cloro ficou muito conhecido devido a sua utilização em uma substância indispensável a nossa sobrevivência: a água potável. A água encontrada em rios não é recomendável para o consumo, sem antes passar por um tratamento prévio. Graças à adição de cloro, é possível eliminar todos os microrganismos patogênicos e tornar a água potável, ou seja, própria para o consumo. Em um laboratório de química, nas condições adequadas, fez-se a adição do gás cloro em um determinado hidrocarboneto, que produziu o 2,3-diclorobutano. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural desse hidrocarboneto.

- a)  $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- b)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- c)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$
- d)  $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$

38. (UEPG) Com relação ao composto cloreto de sec-butila, assinale o que for correto.

- 01) Pode ser produzido a partir de uma reação de adição de ácido clorídrico ao but-1-eno.
- 02) Segundo a IUPAC, é conhecido como 2-cloro-2-metilpropano.
- 04) É um haleto de alquila.
- 08) Apresenta ponto de ebulição mais elevado do que o brometo de sec-butila.
- 16) É isômero do cloreto de terc-butila.

39. (UPF) Considerando-se as reações químicas para os compostos orgânicos, analise as afirmações a seguir e marque **V** para o que for verdadeiro e **F** para o que for falso:



(Disponível em: [http://www.alunosonline.com.br/upload/contendo\\_legenda/c2d816e65d5eeda6f4859110b54fa8cc.jpg](http://www.alunosonline.com.br/upload/contendo_legenda/c2d816e65d5eeda6f4859110b54fa8cc.jpg). Acesso em 11 nov. 2013)

- ( ) O composto propeno,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g})$ , ao reagir com  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , produzirá preferencialmente o composto 2-cloropropano e não o 1-cloropropano, fato explicado de acordo com a regra de Markovnikov.
- ( ) As substâncias químicas  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$  e  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3(\text{l})$  são produtos resultantes da reação de desidratação intermolecular entre duas moléculas de etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Essa reação ocorre na presença de  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{conc})$  e em temperatura de  $140^\circ\text{C}$ .
- ( ) 2 mols de  $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$ , em reação de combustão completa com 13 mols de  $\text{O}_2(\text{g})$ , produzem 8 mols de  $\text{CO}_2(\text{g})$  e 18 g de  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{v})}$ .
- ( ) A produção da margarina se dá pela hidrogenação catalítica: processo que consiste na adição de gás hidrogênio ( $\text{H}_2(\text{g})$ ) em compostos insaturados na presença de catalisador metálico e com aquecimento em torno de  $150^\circ\text{C}$ . Esse processo provoca a quebra das insaturações para permitir a entrada dos átomos de hidrogênio na molécula.
- ( ) A adição de gás cloro ( $\text{Cl}_2(\text{g})$ ) ao composto químico  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ , na presença de calor, produzirá o composto  $\text{H}_3\text{C}-\text{CCl}_2-\text{CH}_3$ .

A sequência **correta** de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- a) V - V - V - F - F.  
 b) F - F - F - V - F.  
 c) F - F - F - V - V.  
 d) V - V - F - V - F.  
 e) V - F - V - F - V.

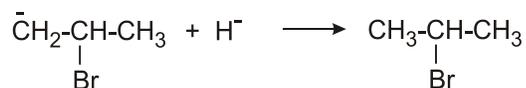
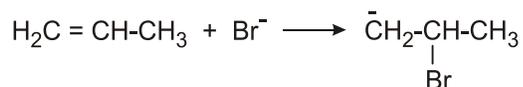
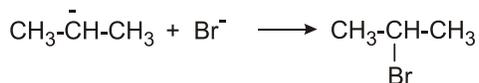
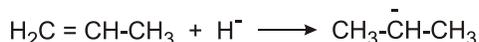
**40.** (UFRN) Os mecanismos de reações são modelos criados pelos químicos, baseados em evidências experimentais, para explicar as etapas pelas quais se supõe que uma reação química ocorra. O mecanismo normal de adição do HBr à dupla ligação do propeno, na ausência de peróxido, quando se obtém o produto mais abundante, é descrito a seguir:

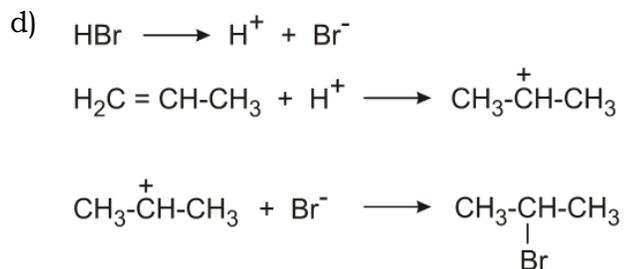
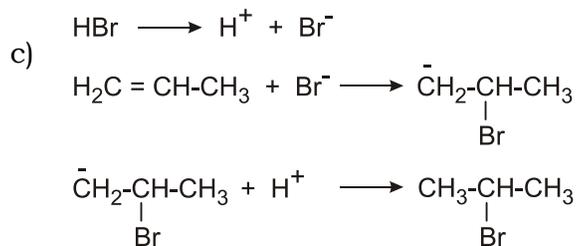
— Na primeira etapa, produz-se a ruptura heterolítica da molécula de HBr, formando os íons correspondentes.

— Na segunda etapa, o ataque eletrofílico do cátion hidrogênio ao propeno produz um carbocátion (íon de carbônio) instável, muito reativo.

— Na terceira etapa, o ânion brometo se adiciona ao carbocátion formando o 2-bromopropano.

O processo descrito está corretamente representado por:



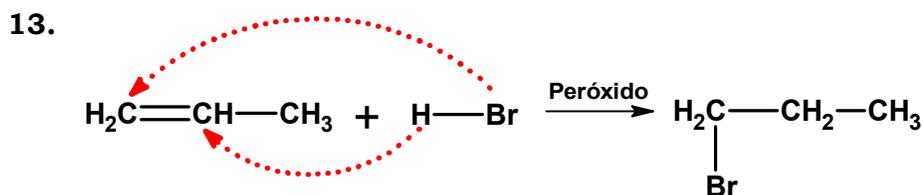
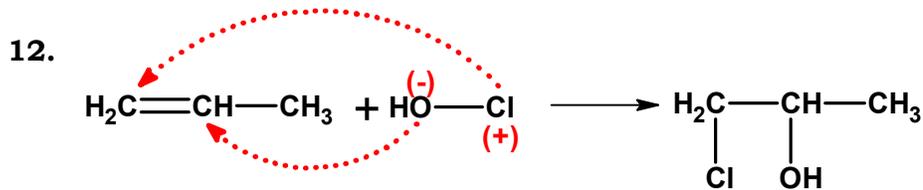


**41.** (IME) A adição de brometo de hidrogênio a propeno, na ausência de peróxidos, gera como produto principal o 2-bromopropano (adição Markovnikov). Entretanto, a mesma adição, na presença de peróxidos, leva principalmente à formação do 1-bromopropano (adição anti-Markovnikov). Proponha um mecanismo adequado para cada uma destas reações e explique a diferença observada com base nesses mecanismos.

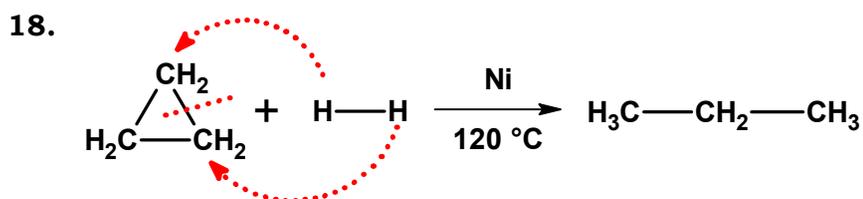
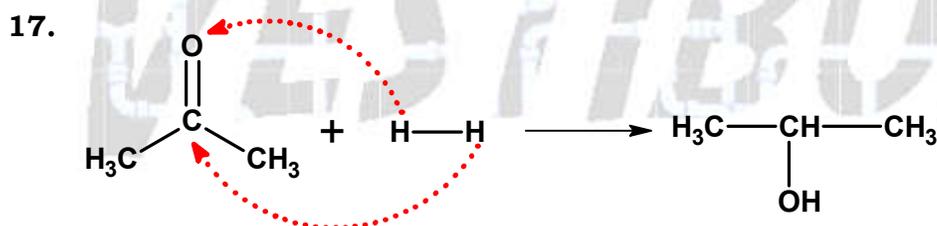
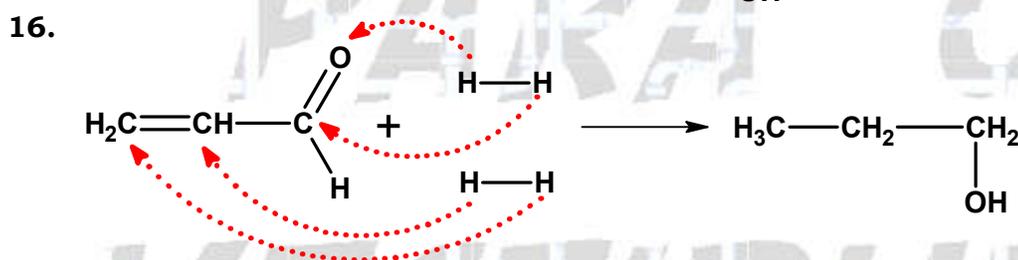
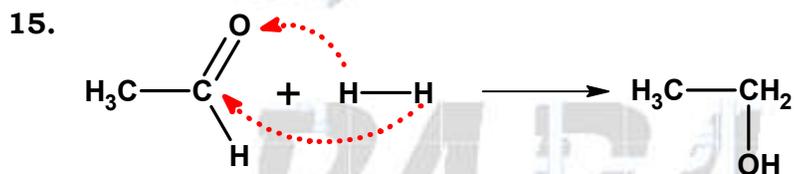
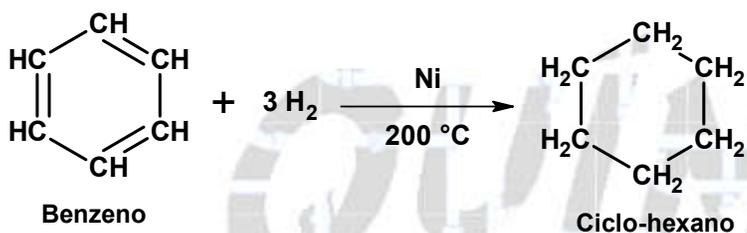
**42.** (UFSJ) A produção industrial de margarinas pode ser feita utilizando-se o mesmo princípio da reação de adição de Sabatier-Senderens, diferenciando-se, no entanto, em relação aos reagentes de partida. No caso da produção de margarinas, ocorre a

- esterificação de substâncias presentes em óleos e gorduras vegetais.
- desidratação intermolecular de ésteres presentes na manteiga.
- adição de hidrogênio a alcenos e alcinos derivados do petróleo.
- hidrogenação catalítica de lipídios insaturados presentes em óleos vegetais.

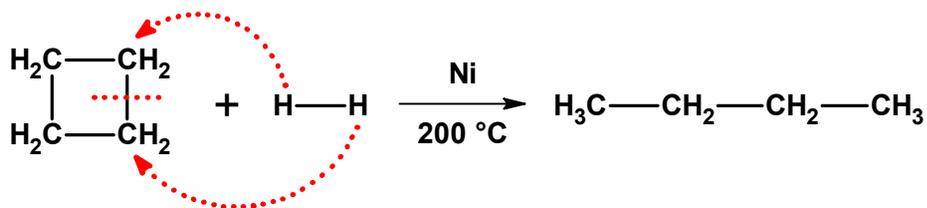




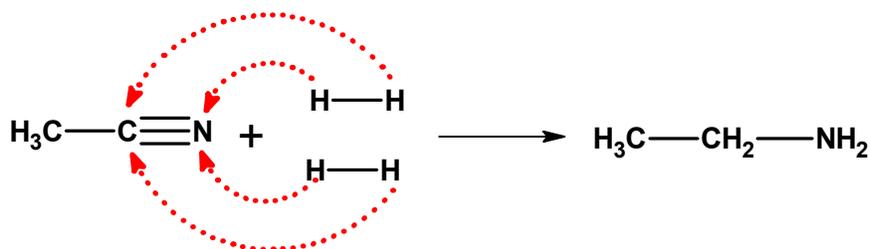
14. Teremos:



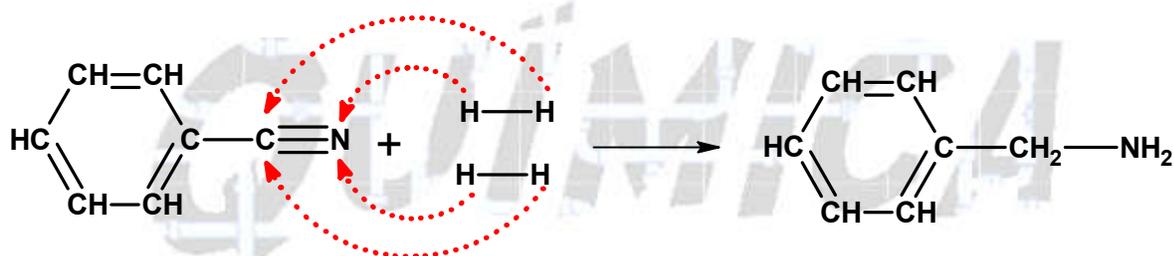
19.



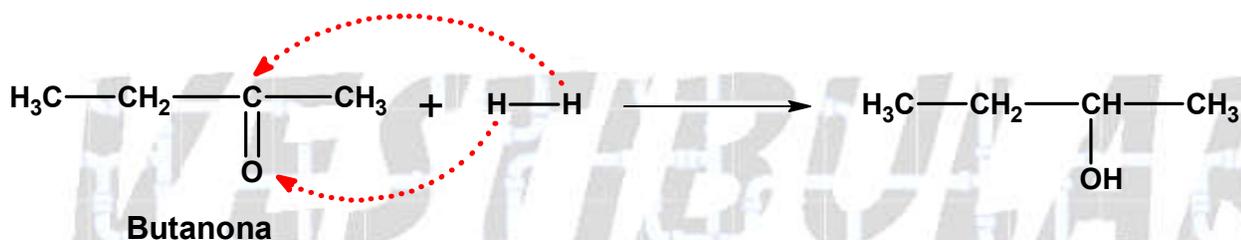
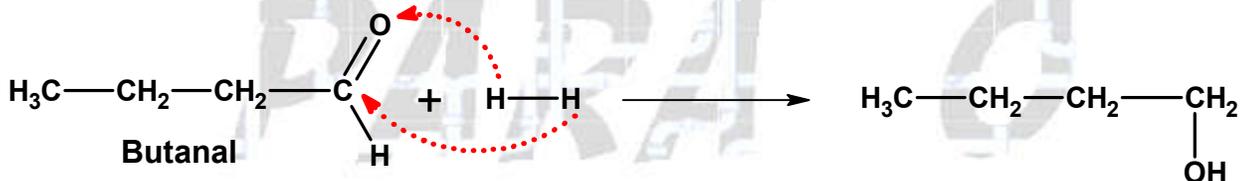
20.



21.



22. Teremos as seguintes reduções (hidrogenações ou adições de H<sub>2</sub>):



23. A

24. A

25. B

26. a) Estabilidade: ciclopentano > ciclobutano > ciclopropano.

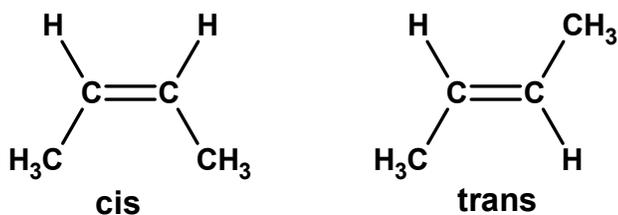
O ciclopentano é o composto mais estável, pois, de acordo com o esquema reacional não sofre adição.

O ciclobutano é o composto intermediário, pois, de acordo com o esquema reacional, ele pode sofrer tanto adição como substituição.

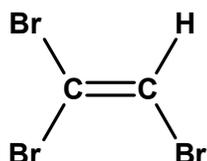
O ciclopropano é o composto mais instável, pois, de acordo com o esquema reacional, ele sofre apenas adição (cisão do ciclo triangular).



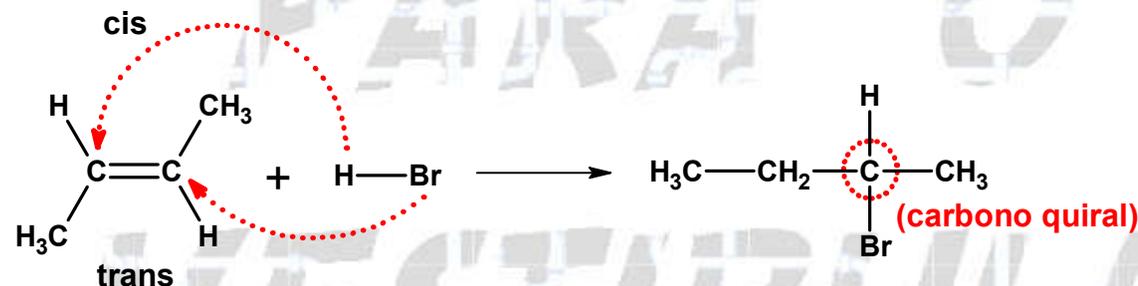
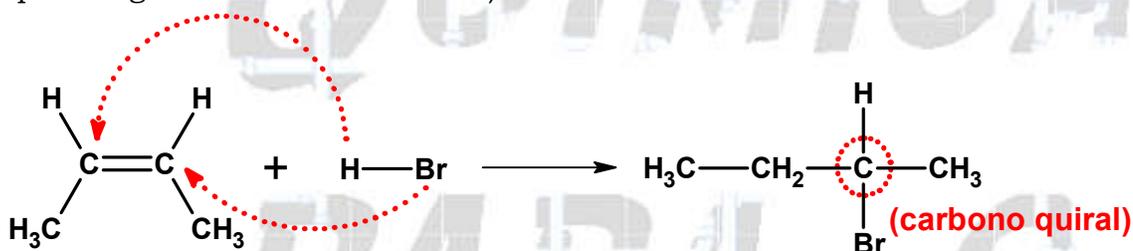
B apresenta isomeria cis-trans:



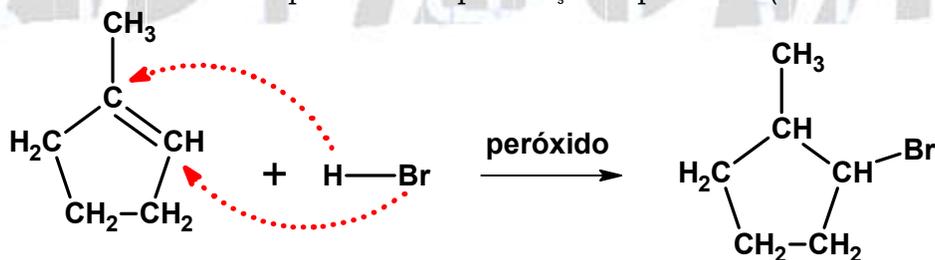
C não apresenta isomeria cis-trans, pois os ligantes de cada átomo de carbono da dupla são iguais entre si:



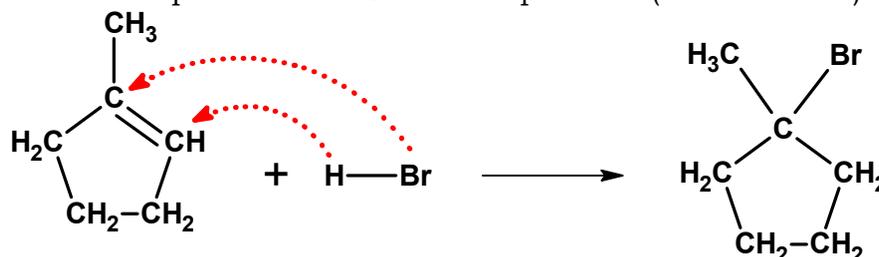
b) A reação do composto B com HBr leva à formação de isômeros ópticos (destrogiro e levogiro), pois o produto formado possui um carbono quiral ou assimétrico (átomo de carbono ligado a quatro ligantes diferentes entre si).



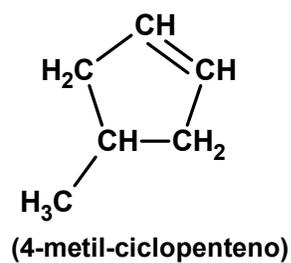
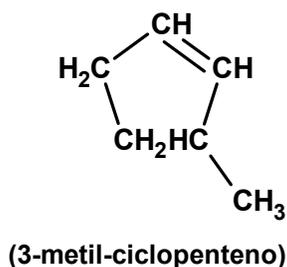
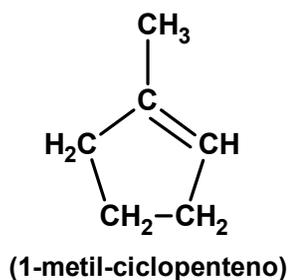
29. a) Adição de HBr ao 1-metilciclopenteno na presença de peróxido (inverso de Markovnikov):



Adição de HBr ao 1-metilciclopenteno na ausência de peróxido (Markovnikov):

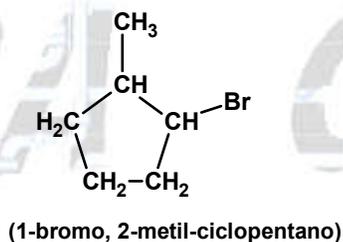
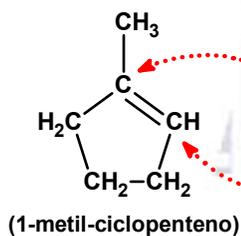
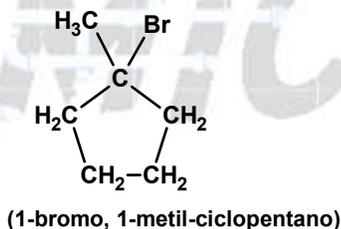
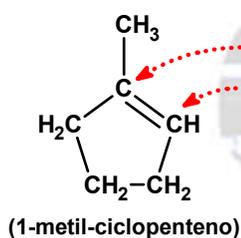


b) Fórmulas estruturais dos isômeros de posição dos metilciclopentenos:

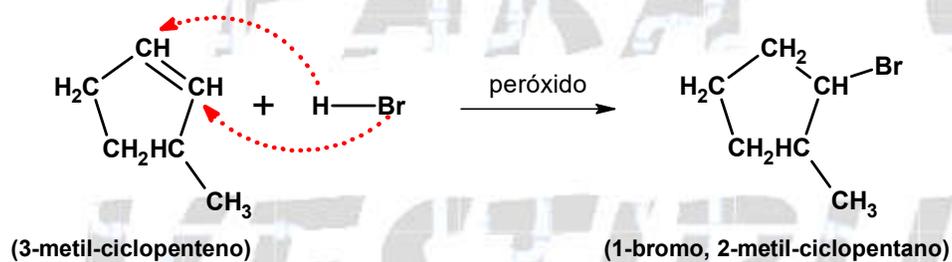
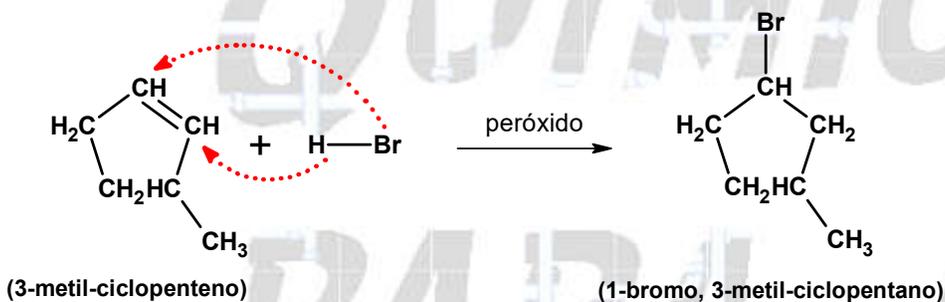
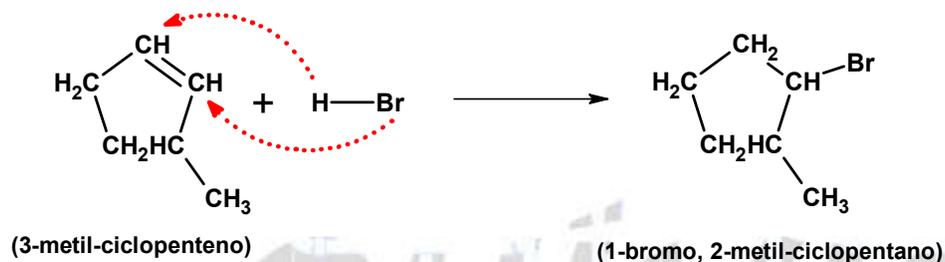
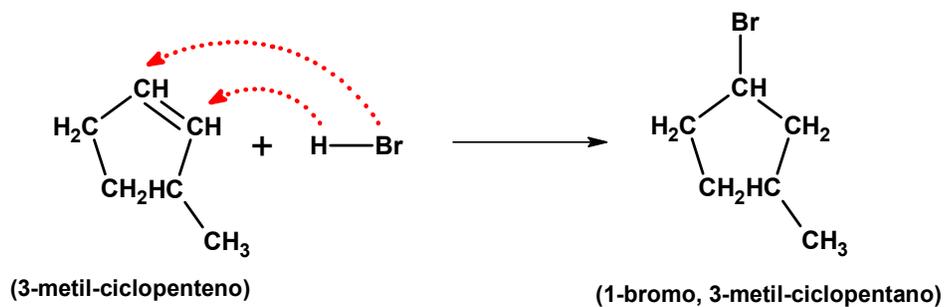


c) O metilciclopenteno do item b que forma uma mistura de isômeros de posição, ao reagir, com HBr, quer na presença, quer na ausência de peróxido é o 3-metil-ciclopenteno.

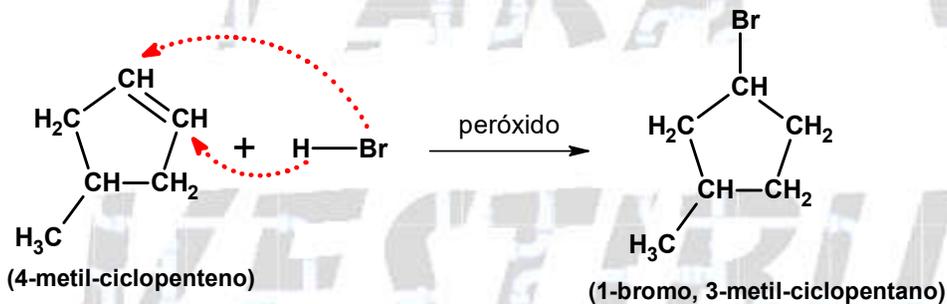
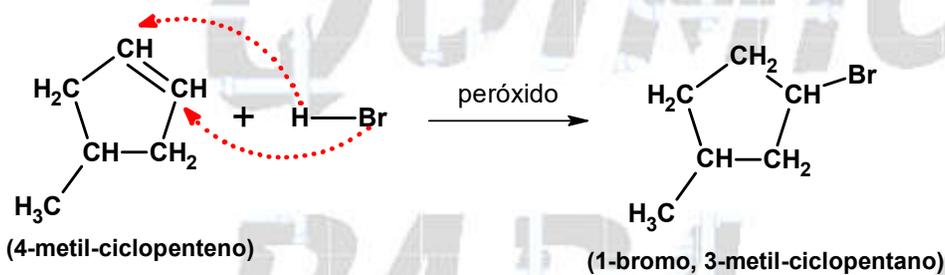
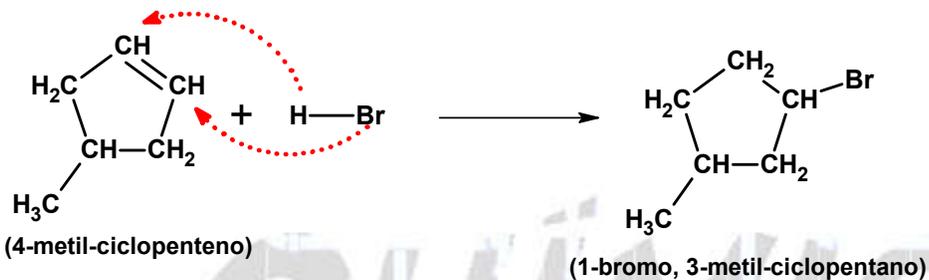
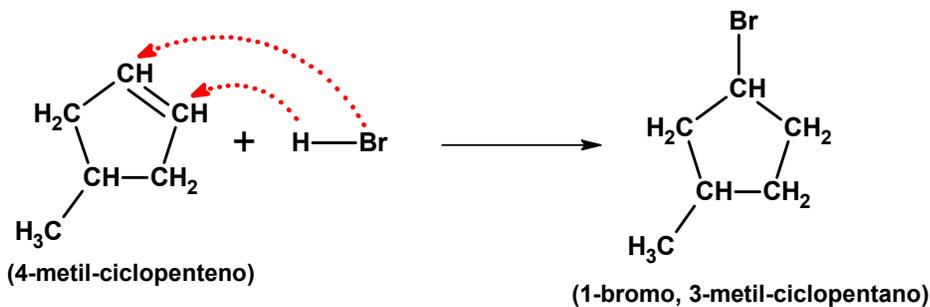
Vejamos o que ocorre para cada metilciclopenteno:



Não correu a formação dos mesmos isômeros de posição na presença e na ausência de peróxido.

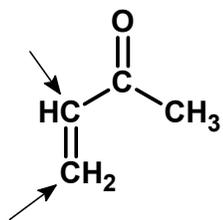


Ocorreu a formação dos mesmos isômeros de posição na presença e na ausência de peróxido.

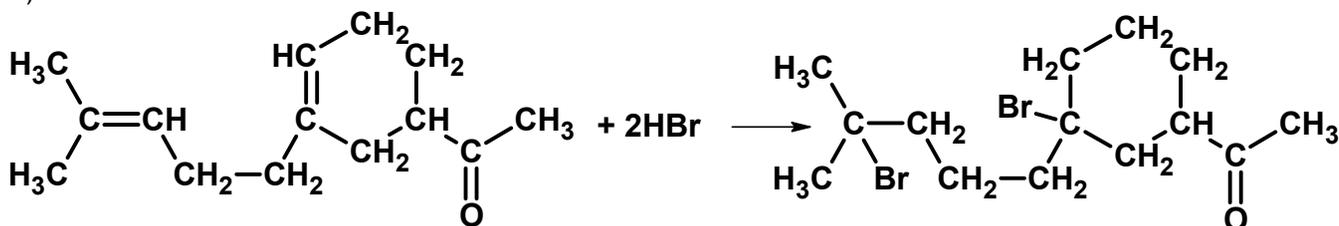


Ocorreu a formação do mesmo composto na ausência e na presença de peróxido.

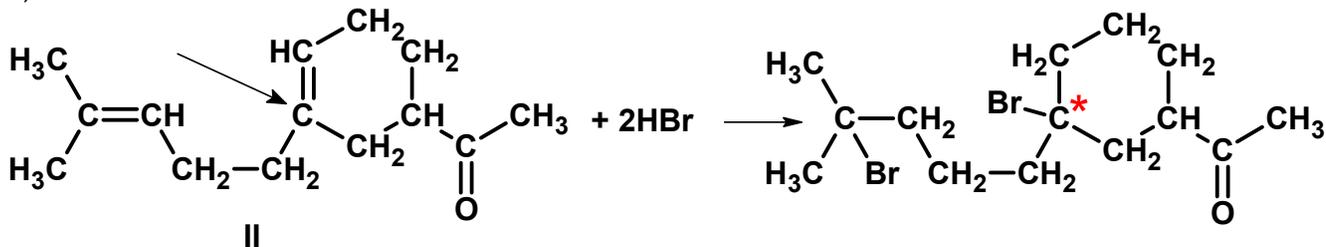
30. a) Fórmula estrutural do dienófilo:



b) Teremos:



c) Teremos:



O carbono assinalado sofrerá adição e passará a ser assimétrico, pois estará ligado a quatro ligantes diferentes entre si.

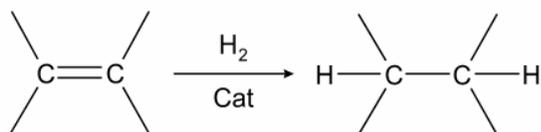
31. C

32. D

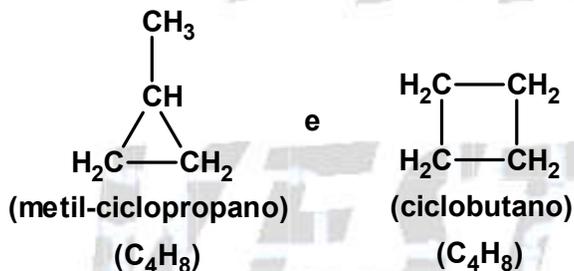
33. E

34. Alternativa C

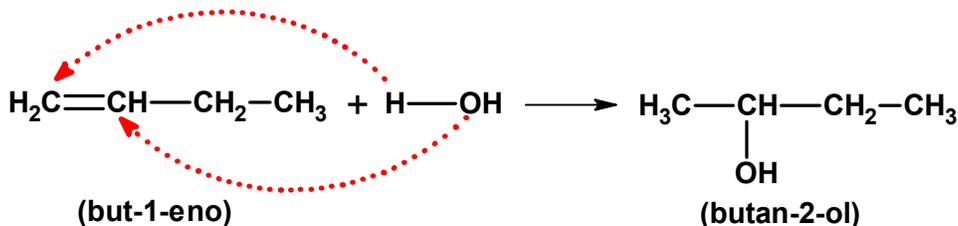
A margarina é produzida a partir de óleo vegetal, por meio da hidrogenação catalítica. Esse processo é uma reação de adição na qual uma cadeia carbônica insaturada, ou seja, que apresenta ligações pi ( $\pi$ ), se transforma em outra mais saturada.



35. a) Fórmulas estruturais dos dois isômeros de cadeia cíclica do but-1-eno (a diferença está na classificação da cadeia; uma é ramificada e a outra não é):



b) Regra de Markovnikov: numa adição o hidrogênio “entra” no carbono insaturado mais hidrogenado da cadeia.



Nome da função orgânica à qual pertence o produto dessa reação: álcool.

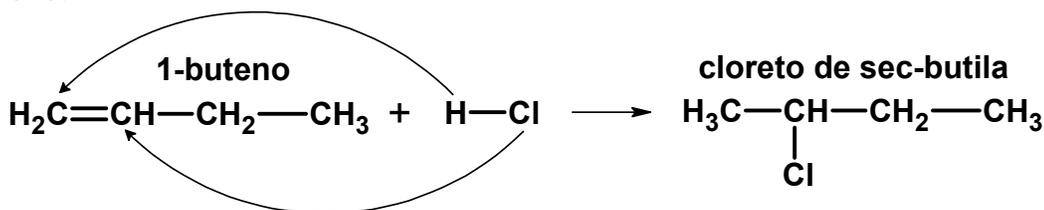
36. Alternativa B

Adolf Von Baeyer (1835-1917), diz que: “quanto maior a diferença entre o ângulo real e o teórico (afastamento em relação ao ângulo de estabilidade) de um ciclano, maior será a instabilidade do ciclo e maior será sua facilidade de reagir com a quebra do anel, como consequência”.

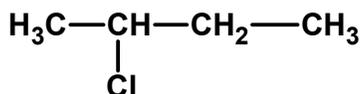


38. Soma das corretas = 01 + 04 + 16 = 21.

01. Correto. Pode ser produzido a partir de uma reação de adição de ácido clorídrico ao but-1-eno.



02. Correto. Segundo a IUPAC, é conhecido como 2-cloro-butano.



cloreto de sec-butila

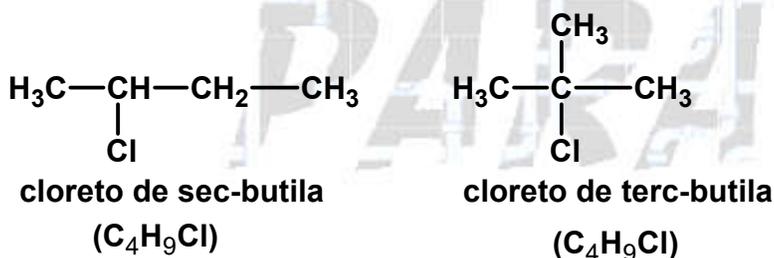
ou

2-cloro-butano

04. Correto. É um haleto de alquila, ou seja, pertence à função orgânica haleto orgânico.

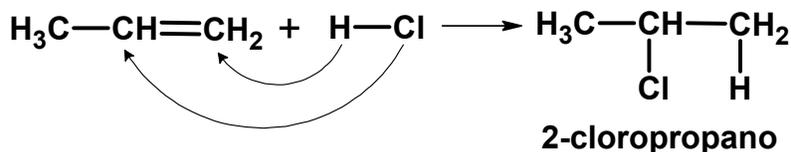
08. Incorreto. Não apresenta ponto de ebulição mais elevado do que o brometo de sec-butila, pois possui menor superfície de contato ou massa.

16. Correto. É isômero de cadeia do cloreto de terc-butila.

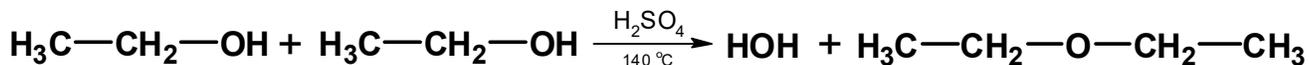


39. Alternativa D

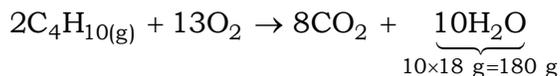
(Verdadeiro) O composto propeno,  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2(\text{g})$ , ao reagir com  $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ , produzirá preferencialmente o composto 2-cloropropano e não o 1-cloropropano, fato explicado de acordo com a regra de Markovnikov (o hidrogênio entra no carbono mais hidrogenado, neste caso o número 1).



(Verdadeiro) As substâncias químicas  $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$  e  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3_{(\ell)}$  são produtos resultantes da reação de desidratação intermolecular entre duas moléculas de etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ). Essa reação ocorre na presença de  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{conc})$  e em temperatura de  $140^\circ\text{C}$ .

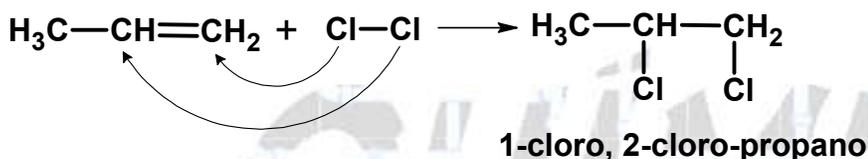


(Falso) 2 mols de  $C_4H_{10(g)}$ , em reação de combustão completa com 13 mols de  $O_{2(g)}$ , produzem 8 mols de  $CO_{2(g)}$  e 180 g de  $H_2O_{(v)}$ .



(Verdadeiro) A produção da margarina se dá pela hidrogenação catalítica: processo que consiste na adição de gás hidrogênio ( $H_{2(g)}$ ) em compostos insaturados na presença de catalisador metálico e com aquecimento em torno de  $150^\circ C$ . Esse processo provoca a quebra das insaturações para permitir a entrada dos átomos de hidrogênio na molécula.

(Falso) A adição de gás cloro ( $Cl_{2(g)}$ ) ao composto químico  $H_3C - CH = CH_2$ , na presença de calor, produzirá o composto  $H_3C - CHCl - CH_2Cl$ .

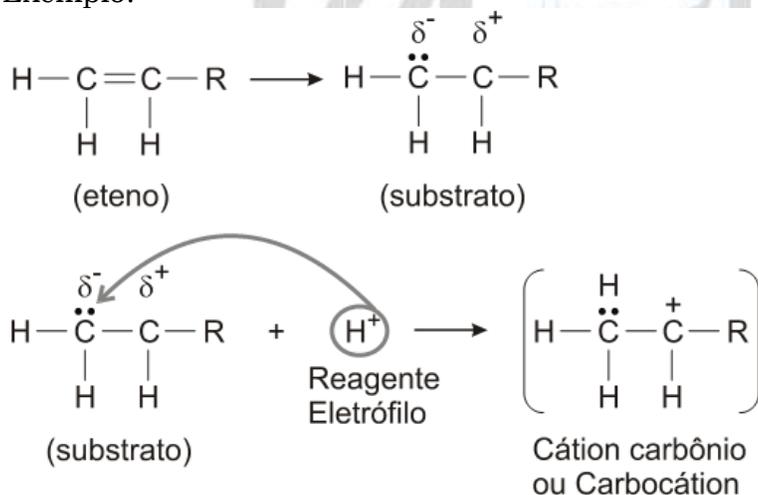


#### 40. Alternativa D

Reagentes eletrófilos têm falta de elétrons, ou seja, um reagente eletrófilo é capaz de se ligar a um átomo que possa oferecer-lhe elétrons.

Este tipo de reagente quer elétrons, ele é chamado de reagente eletrófilo o que significa “amigo de elétrons”, o composto orgânico que cede os elétrons é chamado de substrato.

Exemplo:



De acordo com o conceito de Lewis, o reagente eletrófilo é um ácido de Lewis (espécie que precisa do par de elétrons) e o substrato é uma base de Lewis (espécie que “fornece ou doa” o par de elétrons).

Conclui-se que processo descrito está corretamente representado por:

