



XXIV Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul - 2025

modalidade

M3

Nº de Inscrição:



01 de novembro



das 14h às 17h30



3h e 30min de duração



7 questões analítico-expositivas

QUESTÕES – TOTAL: 10,0 PONTOS

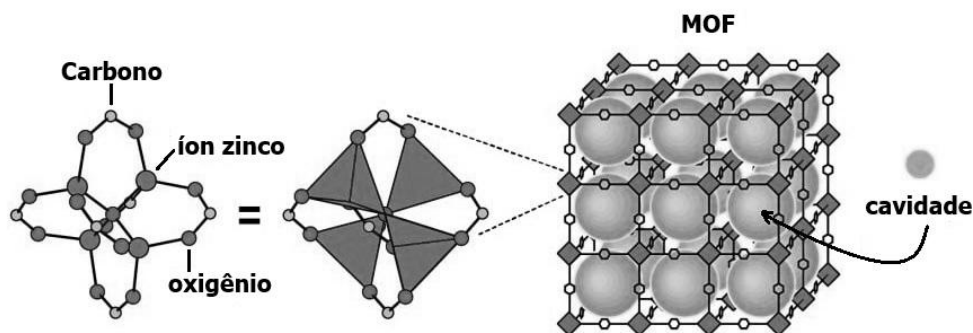
Consulte a Tabela Periódica no final da prova



Questão 1 _____ (1,5 ponto)

No dia 8 do mês passado, o Prêmio Nobel de Química de 2025 foi concedido a *Susumu Kitagawa, Richard Robson e Omar M. Yaghi* pelo desenvolvimento das "estruturas metalorgânicas" (MOFs - *Metal-Organic Frameworks*). Esses materiais são compostos por íons metálicos (nós) conectados por moléculas orgânicas (ligantes), formando estruturas altamente porosas, como "esponjas moleculares". Uma de suas promissoras aplicações, por exemplo, é a captura de moléculas como dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera ou também a captura e armazenamento de água.

(<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2025/popular-information/>)



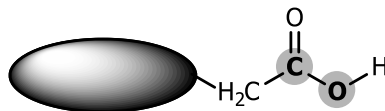
©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

- (a) Quanto ao seu estado de agregação e arranjo das partículas, as MOFs são classificadas como um tipo de sólido cristalino ou um sólido amorfo?
- (b) Na imagem do MOF abordado, o elemento zinco está presente na forma do seu íon típico. Escreva a distribuição eletrônica, em subníveis, para esse íon.

DADO – ordem crescente de energia para subníveis:

$1s^2 \ 2s^2 \ 2p^6 \ 3s^2 \ 3p^6 \ 4s^2 \ 3d^{10} \ 4p^6 \ 5s^2 \ 4d^{10} \ 5p^6 \ 6s^2 \ 4f^{14} \ 5d^{10} \ 6p^6 \ 7s^2 \ 5f^{14} \ 6d^{10} \ 7p^6$

- (c) A imagem a seguir representa esquematicamente um tipo de molécula "ligante", presente na estrutura de um tipo de MOF. Considerando o estudo das geometrias moleculares e os átomos C e O destacados no fragmento, cite o arranjo geométrico que o (i) carbono e que o (ii) oxigênio fazem com seus átomos imediatamente vizinhos.



- (d) Alguns jornais compararam os MOFs à "bolsa da Hermione" (do universo *Harry Potter*), que parece pequena por fora, mas guarda uma quantidade enorme de objetos, uma analogia divertida para descrever sua alta capacidade de armazenamento em espaços microscópicos.

Um dos fatores que determina a capacidade de captação seletiva de substâncias nos poros dos MOFs é a afinidade química entre o material e as moléculas que serão retidas. (i) Considerando essa afinidade, um MOF desenvolvido para capturar CO_2 alcança objetivo mais facilmente com caráter predominante polar ou apolar em sua estrutura? Justifique sua resposta. (ii) Qual é a principal vantagem da existência de MOFs capazes de capturar gás carbônico do ambiente? Justifique sua resposta.



Questão 2

(1,5 ponto)

A Química Verde busca desenvolver processos químicos mais sustentáveis e com menor impacto ambiental. Um de seus princípios é a economia de átomos, que expressa a proporção de átomos dos reagentes que realmente se incorporam ao produto desejado, reduzindo a formação de resíduos. Trata-se de um parâmetro teórico, proposto por *Barry Trost*, que indica quanto dos reagentes é aproveitado na formação do produto, sem levar em conta o rendimento real da reação. Já a eficiência atômica combina a economia de átomos com o rendimento obtido experimentalmente. Esses parâmetros, expressos em porcentagem e cujas fórmulas de cálculo são apresentadas a seguir, não consideram outros fatores ambientais, como toxicidade, gasto energético ou uso de solventes e catalisadores. Ainda assim, são importantes indicadores de sustentabilidade química.

$$\text{Economia de átomos (\%)} = \frac{\text{massa molar do produto de interesse}}{\sum \text{massas molares dos reagentes}} \times 100$$

$$\text{Eficiência atômica (\%)} = \frac{\text{Economia de átomos (\%)} \times \text{Rendimento da reação (\%)}}{100}$$

Considere as seguintes reações químicas, com equações balanceadas. Catalisadores e condições de reação não estão indicados nas equações.

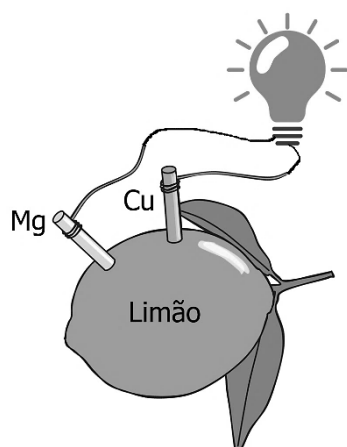
Reação 1 – produto de interesse: nitrobenzeno
$\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Reação 2 – produto de interesse: etano
$\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6$
Reação 3 – produto de interesse: metilamina
$\text{CH}_3\text{Cl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl}$

- (a) Considerando o parâmetro da economia de átomos para as reações dadas, indique qual delas é a mais vantajosa e qual é a menos vantajosa. Justifique com o cálculo adequado.
- (b) Considere que a síntese de nitrobenzeno (Reação 1), em pequena escala, foi realizada a partir de 520,0 mL de benzeno líquido puro, utilizando quantidade adequada de ácido nítrico e a presença de um catalisador. A reação não apresentou rendimento total, resultando na obtenção de 4,2 mol de nitrobenzeno. Considerando que o benzeno líquido apresenta densidade $d = 0,9 \text{ g mL}^{-1}$, massa molar $78,0 \text{ g mol}^{-1}$ e com base nos dados do procedimento experimental, calcule a eficiência atômica dessa síntese. Esquematize como você chegou na resposta.
- (c) A reação 2 ocorre em fase gasosa, mas seria muito lenta sem catalisador, pois a ligação H–H é muito estável e exige muita energia para ser rompida. Emprega-se frequentemente níquel metálico sólido como catalisador na hidrogenação, cuja velocidade pode ser descrita empiricamente por $v = k \cdot [\text{C}_2\text{H}_4]$. Durante o processo, átomos de hidrogênio ficam adsorvidos na superfície do catalisador. Sobre essa reação e sua cinética, considere as afirmações a seguir e julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).
- () Nas CNTP, 5 mols de produto podem ser obtidos a partir do consumo de 140 g de eteno com 112 litros de gás H_2 .
 - () Essa reação ocorre com catálise heterogênea.
 - () A hidrogenação ocorre majoritariamente no interior dos retículos cristalinos metálicos de níquel.
 - () Um fator que pode aumentar a cinética da reação é deixar o catalisador metálico finamente dividido.
 - () A reação é de 1ª ordem para o C_2H_4 e de 1ª ordem para o H_2 .

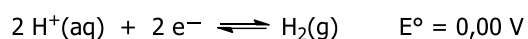
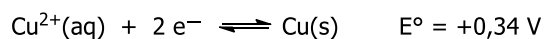
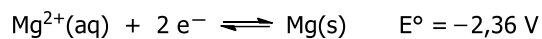
Na folha de respostas, escreva a sequência correta de V ou F, de cima para baixo.


Questão 3 _____ **(1,0 ponto)**

Em um experimento didático, a professora disse para a turma de Ensino Médio que era possível montar uma pilha com limão. A imagem a seguir ilustra essa montagem.



Considere as seguintes semirreações e seus potenciais:



- Escreva a (i) semirreação anódica e (ii) catódica dessa pilha;
- Calcule a máxima tensão, em volt, que essa pilha pode atingir, *admitindo todas as concentrações unitárias*.

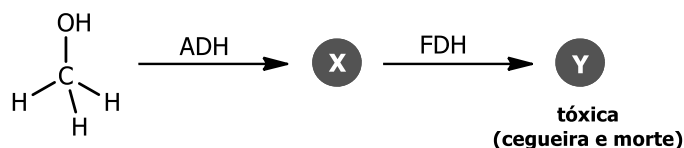

Questão 4 _____ **(2,0 pontos)**

A isomeria é uma das expressões mais elegantes da diversidade molecular em Química Orgânica, pois mostra como compostos que possuem a mesma fórmula molecular podem apresentar estruturas e propriedades físicas e químicas diferentes. A seguir, são fornecidas algumas características de seis compostos distintos, numerados de 1 a 6, que possuem a fórmula molecular C_4H_8 .

- Os compostos 1, 2, 3 e 4 apresentam cadeia aberta, sendo o composto 4 aquele que possui o menor ponto de ebulição dentre eles.
 - Os compostos 2 e 3 são estereoisômeros, e o composto 2 apresenta maior estabilidade, tendo em vista a menor repulsão estérica.
 - Os compostos 5 e 6 são os mais instáveis da série, e apresentam menores ângulos C–C–C, sendo tais ângulos inferiores em 6.
- Com base nessas informações, apresente as fórmulas de linhas dos seis compostos, associando-as aos números de 1 a 6, e indique o nome oficial (IUPAC) de cada um.
 - Qual o tipo de isomeria constitucional há entre os compostos 1 e 2? E entre os compostos 4 e 5?


Questão 5 (1,0 ponto)

A adulteração de bebidas alcoólicas com metanol foi causa recente de graves intoxicações e de mortes no Brasil. Embora estruturalmente semelhante ao etanol das bebidas, o metanol é muito mais danoso à saúde, por conta de seus metabólitos extremamente mais tóxicos. No fígado, enzimas como a álcool desidrogenase (ADH) e a formaldeído desidrogenase (FDH) provocam uma sequência de oxidações, formando substâncias de maior toxicidade, sendo uma delas responsável por danos severos ao nervo óptico, que podem resultar em cegueira, e pela acidose metabólica, podendo levar à morte.



Com base nesse contexto e nos conceitos químicos, faça o que se pede a seguir:

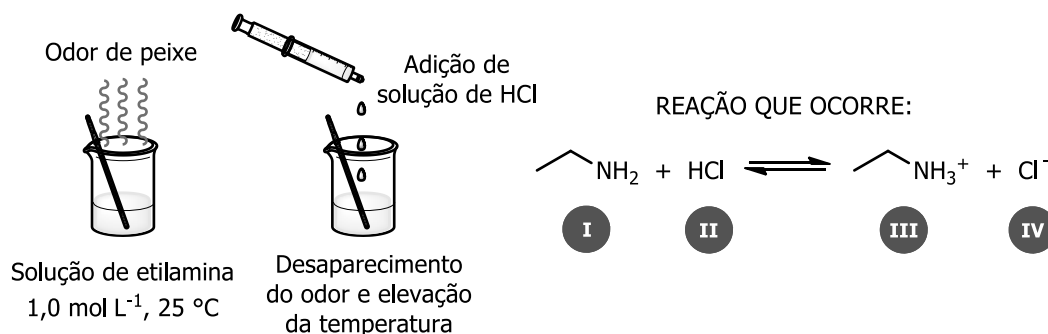
- (a) Desenhe as fórmulas estruturais que representam os compostos X e Y.
- (b) Qual é a hibridização do carbono no (i) metanol, (ii) em X e (iii) em Y?
- (c) Indique a principal ligação intermolecular que atua entre as moléculas de metanol no estado líquido.
- (d) Quanto às afirmações feitas a seguir, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).
 - i. () O etanol apresenta maior pressão de vapor que o metanol, ambos nas mesmas condições de pressão e temperatura.
 - ii. () No processo de intoxicação por metanol, o metabólito "Y" sofre ionização em meio aquoso, alterando o equilíbrio ácido-base, com elevação da concentração de íons H^+ .
 - iii. () O etanol tem maior solubilidade em solventes apolares, como cicloexano, que o metanol.
 - iv. () O metanol e o etanol são usados também como combustíveis.
 - v. () "X" é conhecido na indústria química por reagir com fenol por polimerização por condensação e formar baquelite.

Na folha de respostas, escreva a sequência correta de V ou F, de cima para baixo.


Questão 6 (1,5 ponto)

As reações ácido-base estão entre as transformações químicas mais fundamentais e recorrentes da natureza. Nos organismos vivos, essas reações são essenciais à manutenção do metabolismo. No setor industrial, são amplamente empregadas na produção de fertilizantes, fármacos e diversos outros insumos químicos. A compreensão de acidez e basicidade, com suas várias definições, é, portanto, indispensável tanto para o controle de processos industriais quanto para a interpretação dos fenômenos bioquímicos intrínsecos à vida.

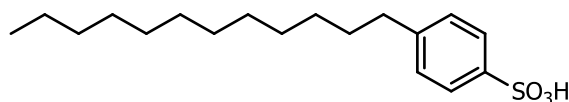
- (a) A imagem mostra uma solução aquosa contendo uma substância volátil e de odor característico em um béquer com um termômetro. Alterações são verificadas a partir da adição de solução ácida.



- (i) A reação que ocorre é classificada como uma reação ácido-base. Ela é uma reação ácido-base de Arrhenius? Justifique sua resposta.
- (ii) Reescreva a equação química apresentada e classifique as espécies I, II, III e IV como ácido de Brønsted ou base de Brønsted. Também cite os respectivos pares conjugados ácido-base para essa reação.

- (iii) A solução de etilamina, da imagem anterior, tem pH maior, menor ou igual a 7,0?
 (iv) A reação abordada na imagem é endotérmica ou exotérmica? Justifique sua resposta.

- (b) Considere a fórmula de linhas abaixo, que representa um composto produzido em larga escala pela indústria química e que passa, posteriormente, por uma reação ácido-base.



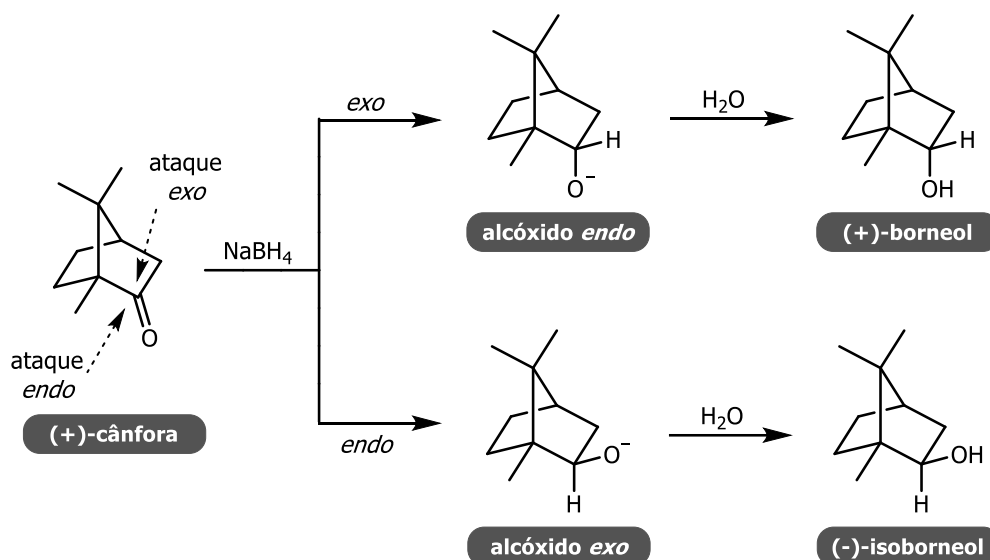
- (i) A molécula representada é quiral? Justifique sua resposta.
 (ii) A que função orgânica pertence a substância?
 (iii) Escreva a reação ácido-base dessa substância com hidróxido de sódio.
 (iv) O produto orgânico da reação do item (iii) pertence a uma classe de compostos com uma aplicação importante na vida doméstica. Que aplicação é essa?



Questão 7 _____ (1,5 ponto)

A cânfora é um terpenoide bicíclico natural, conhecido por seu odor característico. Em laboratório, a cânfora pode ser usada como precursor na síntese dos álcoois diastereoisoméricos borneol e isoborneol.

O esquema a seguir detalha essa transformação, cujo resultado é um exemplo de estereosseletividade. A formação preferencial de um dos álcoois depende diretamente do arranjo espacial da molécula de cânfora, que oferece diferentes caminhos ao ataque do reagente, em virtude do impedimento estérico.



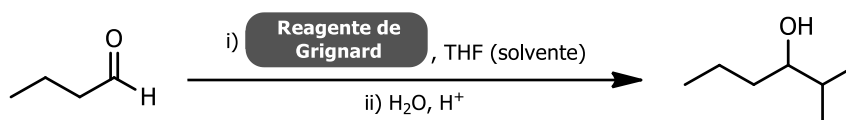
- (a) Em relação à molécula de cânfora, (i) qual a sua fórmula molecular e (ii) qual função orgânica possui?
- (b) Sobre a reação abordada e as substâncias envolvidas, julgue se as afirmações feitas abaixo são verdadeiras (V) ou falsas (F).
- () O reagente boroidreto de sódio é um doador de hidreto, o qual age como nucleófilo.
 - () A obtenção do borneol e do isoborneol, a partir da cânfora, é um exemplo de reação de substituição nucleofílica.
 - () O carbono carbonílico da cânfora tem estado de oxidação -2.
 - () A etapa de obtenção do álcool a partir do alcóxido é um exemplo de hidrólise.
 - () Os produtos obtidos no esquema apresentam maiores valores de ponto de fusão que o da cânfora.

Na folha de respostas, escreva a sequência correta de V ou F, de cima para baixo.

(continue, página seguinte)

(c) A preparação de álcoois pode também ser feita por meio de reações de alguns compostos carbonílicos com reagentes de Grignard, em meio anidro, envolvendo mecanismo de adição nucleofílica. Após essa etapa, faz-se um tratamento com solução aquosa ácida para promover a protonação do intermediário alcóxido obtido, resultando no álcool de interesse.

Considere a reação descrita a seguir para então (i) representar a fórmula de linhas do reagente de Grignard utilizado na síntese e (ii) escrever o nome oficial (IUPAC) do produto obtido.



Boa prova a todos e todas!
Abrços da equipe organizadora!

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

Com massas atômicas relativas ao isótopo 12 do carbono

Com massas atômicas relativas ao isótopo 12 do carbono																		18																	
1 H 1,01		2		Número atômico SÍMBOLO Massa Atômica										13		14	15	16	17	2 He 4,00															
3 Li 6,94		4 Be 9,01												5 B 10,81		6 C 12,01		7 N 14,01		8 O 15,99		9 F 18,99		10 Ne 20,18											
11 Na 22,99		12 Mg 24,31												3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13 Al 26,98	
19 K 39,10		20 Ca 40,08		21 Sc 44,96		22 Ti 47,87		23 V 50,94		24 Cr 51,99		25 Mn 54,94		26 Fe 55,85		27 Co 58,93		28 Ni 58,69		29 Cu 63,54		30 Zn 65,38		31 Ga 69,72		32 Ge 72,63		33 As 74,92		34 Se 78,96		35 Br 79,90		36 Kr 83,80	
37 Rb 85,47		38 Sr 87,62		39 Y 88,91		40 Zr 91,22		41 Nb 92,91		42 Mo 95,96		43 Tc (98)		44 Ru 101,0		45 Rh 102,9		46 Pd 106,4		47 Ag 107,9		48 Cd 112,4		49 In 114,8		50 Sn 118,7		51 Sb 121,8		52 Te 127,6		53 I 126,9		54 Xe 131,3	
55 Cs 132,9		56 Ba 137,3		57-71 La-Lu Lantanídeos		72 Hf 178,5		73 Ta 180,9		74 W 183,8		75 Re 186,2		76 Os 190,2		77 Ir 192,2		78 Pt 195,1		79 Au 196,9		80 Hg 200,6		81 Tl 204,4		82 Pb 207,2		83 Bi 208,9		84 Po (209)		85 At (210)		86 Rn (222)	
87 Fr (223)		88 Ra (226)		89-103 Ac-Lr Actinídeos		104 Rf (267)		105 Db (268)		106 Sg (269)		107 Bh (270)		108 Hs (269)		109 Mt (278)		110 Ds (281)		111 Rg (281)		112 Cn (285)		113 Nh (286)		114 Fl (289)		115 Mc (288)		116 Lv (293)		117 Ts (294)		118 Og (294)	

LANTANÍDEOS ➤

57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm (145)	62 Sm 150,4	63 Eu 151,9	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 174,9
89 Ac (227)	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (266)

ACTINÍDEOS ➤

• **GABARITO**

A partir do dia **11/11/2025** pelo site da ABQ-RS: **<https://abqrs.com.br/cursos/olimpiadas/>**