



XXIV Olimpíada de Química do Rio Grande do Sul - 2025

modalidade

M2

Nº de Inscrição:



01 de novembro



das 14h às 17h30



3h e 30min de duração



7 questões analítico-expositivas

QUESTÕES – TOTAL: 10,0 PONTOS

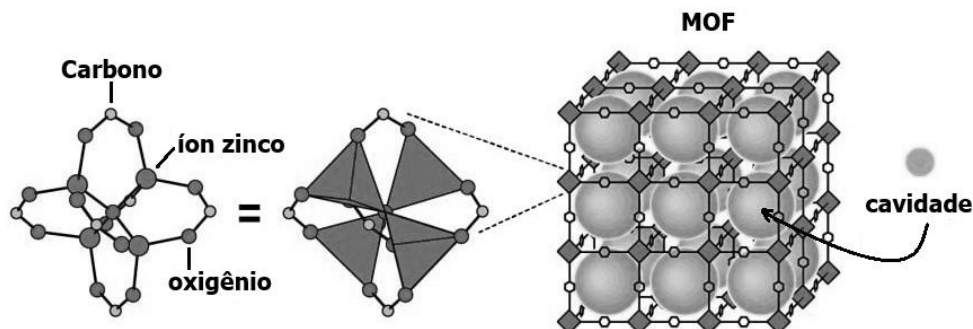
Consulte a Tabela Periódica no final da prova



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 (CO₂) da atmosfera ou também a captura e armazenamento de água.

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



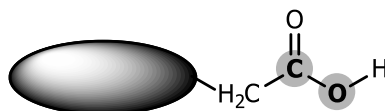
©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

- Quanto ao seu estado de agregação e arranjo das partículas, as MOFs são classificadas como um tipo de sólido cristalino ou um sólido amorfo?
- 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:

1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 4s² 3d¹⁰ 4p⁶ 5s² 4d¹⁰ 5p⁶ 6s² 4f¹⁴ 5d¹⁰ 6p⁶ 7s² 5f¹⁴ 6d¹⁰ 7p⁶

- 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.



- 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 CO₂ 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 (1,0 ponto)


O chimarrão, uma das mais fortes tradições do Rio Grande do Sul, é uma bebida preparada com a infusão de folhas e ramos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em água quente. A cuia, a bomba, a erva-mate e a água quente formam um sistema rico em química. A qualidade da bebida depende de fatores como a temperatura da água e a composição da erva-mate, que contém, entre outras substâncias, cafeína, teobromina e diversos sais minerais, como os de potássio. Com base nisso, faça o que se pede.

- (a) Quanto às afirmações feitas a seguir, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).
- () O "chimarrão pronto para consumo" (erva-mate + água quente na cuia) é um sistema formado por uma mistura heterogênea.
 - () O ato de "cevar o mate" envolve a passagem da água quente pela erva-mate. Esse é um exemplo de percolação, que é um tipo de extração.
 - () Na água quente as moléculas têm maior grau de agitação que na água fria.
 - () A água quente, no chimarrão, provoca a extração, majoritariamente, dos componentes de menor polaridade presentes na erva.
 - () A principal função da bomba de chimarrão é atuar como um filtro que homogeneiza a mistura, forçando a dissolução completa das partículas de erva-mate na água quente antes que o líquido chegue à boca.

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

- (b) Uma amostra de erva-mate contém 2% em massa de cafeína, cuja fórmula molecular é $C_8H_{10}N_4O_2$. Para um chimarrão preparado com 19,4 gramas dessa erva, determine a quantidade de cafeína, em mol, presente. Justifique com o cálculo e considere a massa molar da cafeína: $194,0 \text{ g mol}^{-1}$.
- (c) O potássio é um elemento químico presente na erva-mate. (i) Escreva a fórmula do íon típico desse elemento e, para o isótopo 39, cite qual o seu (ii) número atômico, (iii) número de nêutrons e (iv) número de elétrons.


Questão 3 (1,5 ponto)

A química que constrói rochas também constrói ossos! Nos compostos iônicos, forças invisíveis unem íons e dão origem a sólidos que sustentam tanto o planeta quanto o corpo humano.

- (a) Os minerais octafosfato de cálcio (OCP) e hidroxiapatita (HA) formam a base mineral dos nossos ossos e dentes. Ambos são compostos iônicos cuja composição revela a proporção entre cátions e ânions essencial para suas propriedades estruturais. Analise as fórmulas desses minerais e deduza os valores para os índices "X" e "Y". Justifique sua resposta.

Octafosfato de Cálcio (OCP)	Hidroxiapatita (HA)
$Ca_8(HPO_4)_2(PO_4)_X \cdot 5H_2O$	$Ca_Y(PO_4)_6(OH)_2$

- (b) As propriedades da matéria estão intimamente ligadas à estrutura das substâncias e às interações entre suas partículas. Nos compostos iônicos, a temperatura de fusão depende da energia reticular, que expressa a força de atração entre cátions e ânions no retículo cristalino. De modo geral, quanto maior o produto entre os módulos das cargas elétricas dos íons e menores as distâncias entre os seus núcleos, maior será a energia reticular. Diante disso, considere as fórmulas iônicas a seguir e relacione com as correspondentes temperaturas de fusão fornecidas. Na folha de respostas, cite a sequência correta dos números e justifique a resposta comparativamente.

Substâncias			
(1) CaO	(2) KBr	(3) MgO	(4) KI
Pontos de Fusão			
() 680 °C	() 734 °C	() 2.572 °C	() 2.852 °C

**Questão 4** (1,5 pontos)

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
$\text{CH}_3\text{Cl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl}$

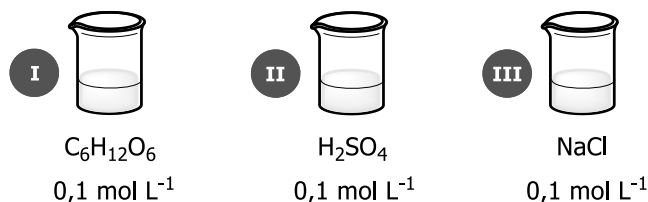
- (a) Considerando o parâmetro da economia de átomos para as reações dadas, indique qual delas é a mais vantajosa e qual é a menos vantajosa. Justifique com o cálculo adequado.
- (b) Considere que a síntese de nitrobenzeno (Reação 1), em pequena escala, foi realizada a partir de 520,0 mL de benzeno líquido 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 5 _____ **(1,5 ponto)**

A composição química de uma solução define sua natureza e suas propriedades intrínsecas, como o tipo de interações que pode realizar. A concentração, por sua vez, é a variável que determina a intensidade com que propriedades físico-químicas, como as temperaturas de ebulição e congelamento, se manifestam no sistema.

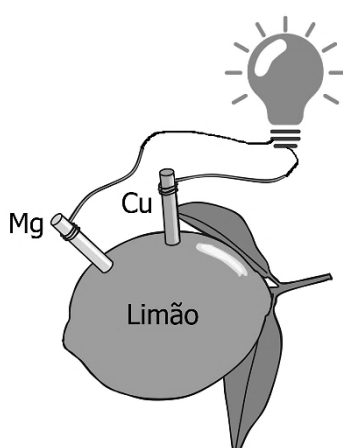
Considere três amostras de 200 mL, de diferentes soluções aquosas. Em I, $C_6H_{12}O_6$ refere-se à glicose.



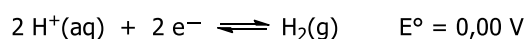
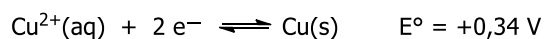
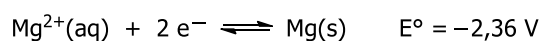
- Cite a ordem crescente das temperaturas de ebulição das soluções I, II e III. Justifique sua resposta.
- Qual a massa total de glicose contida na solução I? Justifique com cálculo. Considere: glicose = $180,0 \text{ g mol}^{-1}$.
- No laboratório, um técnico coletou 10 mL da solução II e transferiu para um balão volumétrico de 100 mL, completando com água destilada até o traço de aferição. Considerando ionização total, calcule o pH da solução resultante. Dado: $\log 2 = 0,3$.


Questão 6 _____ **(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 7
(2,0 pontos)

Leia a charge a seguir, que mostra o “Mestre CO₂” conversando com demais moléculas de gás carbônico.



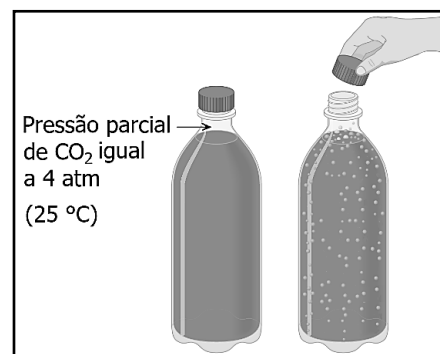
Disponível em: <https://boletim.sbgq.org.br/images/tirinha-10032022.png>. Acesso em 28/09/2025.

- (a) Com base na charge e nos conceitos químicos, julgue se as afirmações são verdadeiras (V) ou falsas (F).
- ☐ A afirmação do "Mestre CO₂" está cientificamente correta. Em obediência à Lei da Conservação das Massas, muitos dos átomos de carbono que hoje compõem as moléculas de CO₂ são os mesmos que existiram há milhões de anos, tendo sido constantemente reciclados no chamado Ciclo do Carbono.
 - ☐ A molécula de gás carbônico é polar com ligações covalentes apolares.
 - ☐ Sendo um gás mais denso que o ar, o CO₂ pode ser usado em extintores de incêndio por abafamento (impedindo o contato do O₂ com o combustível) e pode ser coletado em laboratório pela reação de ácido clorídrico com metais.
 - ☐ Quando no estado sólido (gelo seco) e em temperatura ambiente, o CO₂ sublima espontaneamente em um processo com variação de entropia (ΔS) positiva e variação de energia livre de Gibbs (ΔG) negativa.
 - ☐ A queima de um material combustível contendo C pode formar CO₂ por reação química com $\Delta H > 0$.

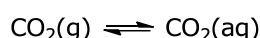
Na folha de respostas, escreva a sequência correta de V ou F, de cima para baixo.

- (b) Os “papiros de antigos egípcios” foram elaborados no ano de 3.000 a.C. e continham o isótopo 14 do carbono, que é um emissor beta com tempo de meia-vida de 5.700 anos.
- Hoje, em 2025, esses mesmos papiros contém uma quantidade superior ou inferior a 50% da quantidade de C-14 que havia quando foram elaborados? Justifique sua resposta.
 - Escreva a equação nuclear correspondente ao decaimento beta do C-14.
- (c) O “Mestre CO₂” hoje prefere viver em refrigerantes de uva. Nesses sistemas, quando fechados, o dióxido de carbono se distribui no interior do líquido e na parte gasosa logo acima, como na imagem da garrafa ao lado.

Nela, a pressão parcial de CO₂ é de 4 atm. Considerando a Lei de Henry, em que a concentração em mol L⁻¹ de gás na solução tem relação direta com a pressão parcial desse gás na parte logo acima do líquido, calcule a concentração de gás dissolvida, em mol L⁻¹. Considere a constante de Henry para o CO₂, a 25 °C, $k_H = 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ e que há comportamento ideal para a aplicação da Lei de Henry, ou seja, as moléculas do soluto interagem exclusivamente com as moléculas do solvente.



- (d) A efervescência (liberação de bolhas) observada ao abrir a garrafa ocorre devido a uma mudança no equilíbrio:



Indique e justifique, objetivamente:

- A alteração que ocorre na pressão parcial do CO₂ gasoso sobre o líquido.
- O sentido (reagentes ou produtos) de deslocamento deste equilíbrio que justifica o fenômeno.

ESPAÇO PARA RASCUNHOS

*Boa prova a todos e todas!
Abraços 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					13		14	15	16	17	2 He 4,00			
3 Li 6,94		4 Be 9,01		SÍMBOLO										Massa Atômica					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		14 Si 28,08	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95						
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
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

ACTINÍDEOS ➤

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)
--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

• GABARITO

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