



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Instituto de Química (IQ)

Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ)



### Prova de Seleção para Ingresso nas Turmas de 2026-2 de Mestrado e Doutorado

Nome: \_\_\_\_\_ CPF: \_\_\_\_\_

#### **Instruções:**

- A prova terá duração de 4 (quatro) horas.
- A resolução da prova deverá ser realizada com caneta esferográfica.
- Assine todas as laudas contendo resolução de questões.

**Questão 01:** Os íons  $O^{2-}$ ,  $F^-$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  possuem um aspecto em comum que permite compará-los diretamente quanto ao seu tamanho.

- a) Escreva a configuração eletrônica de cada um desses íons e explique por que eles pertencem a uma mesma série isoeletrônica.
- b) *Como todos esses íons possuem a mesma configuração eletrônica, eles devem possuir o mesmo raio. Você concorda com essa afirmação? Justifique sua resposta discutindo o papel da carga nuclear efetiva e explicando por que o aumento do número de prótons altera o tamanho de espécies isoeletrônicas.*

**Questão 02:** Os óxidos de nitrogênio destacam-se entre os óxidos dos ametais, pois existe pelo menos um óxido molecular binário correspondente a cada estado de oxidação entre +1 e +5, conforme a tabela abaixo.

Estado de oxidação	+1	+2	+3	+4	+5
Composto	$N_2O$	$NO$	$N_2O_3$	$NO_2$	$N_2O_5$

- a) Represente as estruturas de Lewis dos cinco óxidos.
- b) Considerando as estruturas propostas, explique por que o estado de oxidação do nitrogênio aumenta progressivamente de  $N_2O$  para  $N_2O_5$ , discutindo como essa variação se reflete na natureza das ligações N–O (simples, duplas e deslocalizadas) e na distribuição das cargas formais.

**Questão 03:** Considere as moléculas diatômicas B<sub>2</sub> e F<sub>2</sub>, ambas no estado fundamental.

- Construa os diagramas de orbitais moleculares para as duas moléculas, indicando a configuração eletrônica em cada caso. A partir deles, determine a ordem de ligação, o número de elétrons desemparelhados e se a molécula é paramagnética ou diamagnética.
- Embora a ligação B–B seja formada por apenas um par de elétrons ligantes, a energia de dissociação da ligação em B<sub>2</sub> é significativamente maior do que seria esperado apenas pela comparação com F<sub>2</sub>, cuja ligação simples F–F é relativamente fraca. Explique essa diferença.
- A distância internuclear em F<sub>2</sub> é maior do que seria previsto apenas com base no pequeno raio atômico do flúor. Explique esse fato.

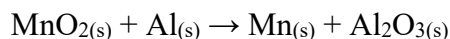
**Questão 04:** Considere os seguintes compostos:

- Etanol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH)
- Fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH)
- Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH)
- 2,2,2-Trifluoroetanol (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH)
- Acetileno (HC≡CH)

- Coloque os compostos em ordem crescente de acidez (do menos ácido para o mais ácido), justificando sua resposta.
- O que explica a diferença de acidez entre o etanol e o 2,2,2-trifluoroetanol?
- A presença de um grupo NO<sub>2</sub> ou de um grupo OCH<sub>3</sub> na posição *para* do fenol afetam na sua acidez? Se sim, explique como.

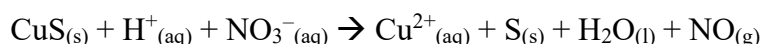
**Questão 05:** Deseja-se preparar 250,0 mL de uma solução ácida com pH igual a 1,0 a partir de uma solução estoque de ácido clorídrico 37% p/p. Sabendo que a massa molar do HCl é 36,46 g/mol e a densidade da solução concentrada é de 1,19 g/ml, calcule o volume de ácido concentrado a ser pipetado para o preparo da solução diluída.

**Questão 06:** Uma mistura contendo 1,53 kg de alumínio e 3,42 kg de dióxido de manganês foi aquecida com o objetivo de se obter manganês metálico e óxido de alumínio.

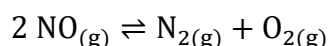


- Determine todos os coeficientes estequiométricos para que a equação acima esteja balanceada.
- Há reagente em excesso? Se sim, determine a quantidade que não reage.
- Quais são as quantidades de reagentes necessários (sem considerar excesso) para a produção de 437 T de manganês?

**Questão 07:** O sulfeto de cobre (II) reduz ânions nitrato à óxido nítrico em meio ácido, de acordo com a reação **NÃO BALANCEADA** abaixo. Apresente o balanceamento da reação global, bem como das semirreações de oxidação e redução.



**Questão 08:** O conversor catalítico é um componente utilizado em automóveis, localizado após a câmara de combustão do motor, faz parte do sistema de exaustão dos gases, e tem como objetivo diminuir a toxicidade dos gases oriundos da combustão. Para isso, a catálise heterogênea é utilizada para acelerar a velocidade de reações de poluentes presentes após a combustão, através da oxidação de algumas espécies como monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados, e redução de outras, como os óxidos de nitrogênio. Para simular uma das reações que podem ocorrer em um conversor catalítico, considere um sistema na temperatura de 2300 K, contendo inicialmente apenas óxido nítrico com concentração de  $5,0 \times 10^{-6}$  mol/L. Sabendo que nessas condições ocorre a reação de equilíbrio exibida abaixo, e que o sistema permanecerá nessa temperatura até atingir o equilíbrio químico, calcule a concentração de óxido nítrico no equilíbrio e, de acordo com os dados de constante de equilíbrio, indique se a conversão de óxido nítrico em nitrogênio é endotérmica ou exotérmica.



Temperatura (K)	Constante de equilíbrio
298	$2,2 \times 10^{30}$
900	$1,5 \times 10^9$
2300	$5,9 \times 10^2$

**Questão 09:** Determine o pH de uma solução 0,02 mol/L de acetato de sódio, sabendo que o  $pK_a$  do ácido acético é igual a 4,74.

**Questão 10:** Deseja-se preparar uma solução tampão com pH igual a 10. Para isso, tem-se à disposição os seguintes conjuntos de ácidos e bases conjugadas. Determine qual o melhor conjunto de ácido/base conjugada para preparar essa solução tampão e justifique a sua resposta.

Ácido	Base conjugada	$pK_a$ do ácido
$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$	$\text{CH}_3\text{CO}_2^-$	4,74
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{HPO}_4^{2-}$	7,21
$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$	10,32