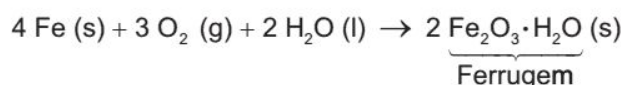


## QUÍMICA

### Pilhas Eletroquímicas

**01** - (ENEM) Utensílios de uso cotidiano e ferramentas que contêm ferro em sua liga metálica tendem a sofrer processo corrosivo e enferrujar. A corrosão é um processo eletroquímico e, no caso do ferro, ocorre a precipitação do óxido de ferro(III) hidratado, substância marrom pouco solúvel, conhecida como ferrugem. Esse processo corrosivo é, de maneira geral, representado pela equação química:



Uma forma de impedir o processo corrosivo nesses utensílios é

- a. renovar sua superfície, polindo-a semanalmente.
- b. evitar o contato do utensílio com o calor, isolando-o termicamente.
- c. impermeabilizar a superfície, isolando-a de seu contato com o ar úmido.
- d. esterilizar frequentemente os utensílios, impedindo a proliferação de bactérias.
- e. guardar os utensílios em embalagens, isolando-os do contato com outros objetos.

**02** - (ENEM) Alimentos em conserva são frequentemente armazenados em latas metálicas seladas, fabricadas com um material chamado folha de flandres, que consiste de uma chapa de aço revestida com uma fina camada de estanho, metal brilhante e de difícil oxidação. É comum que a superfície interna seja ainda revestida por uma camada de verniz à base de epóxi, embora também existam latas sem esse revestimento, apresentando uma camada de estanho mais espessa.

SANTANA, V. M. S. A leitura e a química das substâncias. Cadernos PDE. Ivaiporã: Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED); Universidade Estadual de Londrina, 2010 (adaptado).

Comprar uma lata de conserva amassada no supermercado é desaconselhável porque o amassado pode

- a. alterar a pressão no interior da lata, promovendo a degradação acelerada do alimento.
- b. romper a camada de estanho, permitindo a corrosão do ferro e alterações do alimento.
- c. prejudicar o apelo visual da embalagem, apesar de não afetar as propriedades do alimento.

d. romper a camada de verniz, fazendo com que o metal tóxico estanho contamine o alimento.

e. desprender camadas de verniz, que se dissolverão no meio aquoso, contaminando o alimento.

**03** - (FATEC) Para responder à questão, considere os seguintes dados sobre potenciais padrão de redução.

| Semirreação                                       | E <sup>0</sup> / volt |
|---|-----------------------|
| Mg <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> → Mg (s) | - 2,37                |
| Zn <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> → Zn (s) | - 0,76                |
| Fe <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> → Fe (s) | - 0,44                |
| Cu <sup>2+</sup> (aq) + 2 e <sup>-</sup> → Cu(s)  | 0,34                  |
| Ag <sup>+</sup> (aq) + e <sup>-</sup> → Ag (s)    | 0,80                  |

Uma tubulação de ferro pode ser protegida contra a corrosão se a ela for conectada uma peça metálica constituída por

- a. magnésio ou prata.
- b. magnésio ou zinco.
- c. zinco ou cobre.
- d. zinco ou prata.
- e. cobre ou prata.

**04** - (ENEM) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

| Semirreação                              | Potencial Padrão de Redução (V) |
|--|---------------------------------|
| Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → Li    | -3,05                           |
| K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup> → K      | -2,93                           |
| Mg <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Mg | -2,36                           |
| Al <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup> → Al | -1,66                           |
| Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Zn | -0,76                           |
| Cu <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup> → Cu | +0,34                           |

Disponível em: [www.sucatas.com](http://www.sucatas.com). Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos

fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

- a. Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- b. Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- c. Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- d. Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- e. Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

**05 - (ENEM) TEXTO I**

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato. AQUINO NETO, S. Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula a combustível etanol/ O<sub>2</sub>. Disponível em: [www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br). Acesso em: jun. 2015 (adaptado)

**TEXTO II**

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão (E°) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:

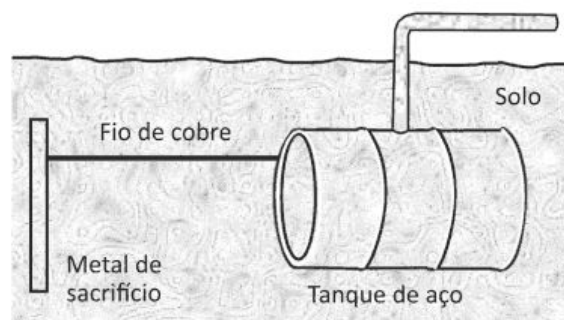


SCOTT, K.; YU, E. H. Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. Woodhead Publishing Series in Energy, n. 88, 2016 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

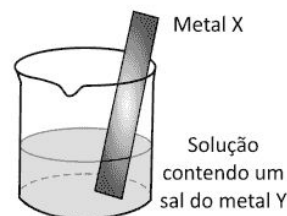
- a. 3
- b. 4
- c. 6
- d. 9
- e. 15

**06 - (FUVEST)** Um método largamente aplicado para evitar a corrosão em estruturas de aço enterradas no solo, como tanques e dutos, é a proteção catódica com um metal de sacrifício. Esse método consiste em conectar a estrutura a ser protegida, por meio de um fio condutor, a uma barra de um metal diferente e mais facilmente oxidável, que, com o passar do tempo, vai sendo corroído até que seja necessária sua substituição.



Burrows, et al. Chemistry<sup>3</sup>, Oxford, 2009. Adaptado.

Um experimento para identificar quais metais podem ser utilizados como metal de sacrifício consiste na adição de um pedaço de metal a diferentes soluções contendo sais de outros metais, conforme ilustrado, e cujos resultados são mostrados na tabela. O símbolo ( + ) indica que foi observada uma reação química e o ( - ) indica que não se observou qualquer reação química.



| Soluções          | Metal X |          |       |       |
|-------------------|---------|----------|-------|-------|
|                   | Estanho | Alumínio | Ferro | Zinco |
| SnCl <sub>2</sub> |         | +        | +     | +     |
| AlCl <sub>3</sub> | -       |          | -     | -     |
| FeCl <sub>3</sub> | -       | +        |       | +     |
| ZnCl <sub>2</sub> | -       | +        | -     |       |

Note e adote:  
o aço é uma liga metálica majoritariamente formada pelo elemento ferro.

Da análise desses resultados, conclui-se que pode(m) ser utilizado(s) como metal(is) de sacrifício para tanques de aço:

- a. Al e Zn.
- b. somente Sn.

- c. Al e Sn.
- d. somente Al.
- e. Sn e Zn.

**07** - (ENEM) Para que apresente condutividade elétrica adequada a muitas aplicações, o cobre bruto obtido por métodos térmicos é purificado eletroliticamente. Nesse processo, o cobre bruto impuro constitui o ânodo da célula, que está imerso em uma solução de  $\text{CuSO}_4$ . À medida que o cobre impuro é oxidado no ânodo, íons  $\text{Cu}^{2+}$  da solução são depositados na forma pura no cátodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do ânodo e se sedimentam abaixo dele. As impurezas sedimentadas são posteriormente processadas, e sua comercialização gera receita que ajuda a cobrir os custos do processo. A série eletroquímica a seguir lista o cobre e alguns metais presentes como impurezas no cobre bruto de acordo com suas forças redutoras relativas.



Entre as impurezas metálicas que constam na série apresentada, as que se sedimentam abaixo do ânodo de cobre são

- a. Au, Pt, Ag, Zn, Nie Pb.
- b. Au, Pt e Ag.
- c. Zn, Nie Pb.
- d. Au e Zn.
- e. Ag e Pb.

**08** - (ENEM) A calda bordalesa é uma alternativa empregada no combate a doenças que afetam folhas de plantas. Sua produção consiste na mistura de uma solução aquosa de sulfato de cobre(II),  $\text{CuSO}_4$ , com óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ , e sua aplicação só deve ser realizada se estiver levemente básica. A avaliação rudimentar da basicidade dessa solução é realizada pela adição de três gotas sobre uma faca de ferro limpa. Após três minutos, caso surja uma mancha avermelhada no local da aplicação, afirma-se que a calda bordalesa ainda não está com a basicidade necessária. O quadro apresenta os valores de potenciais

padrão de redução ( $E^\circ$ ) para algumas semirreações de redução.

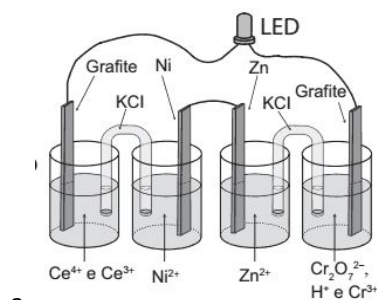
| Semirreação de redução                            | $E^\circ$ (V) |
|---|---------------|
| $\text{Ca}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Ca}$    | -2,87         |
| $\text{Fe}^{3+} + 3 e^- \rightarrow \text{Fe}$    | -0,04         |
| $\text{Cu}^{2+} + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}$    | +0,34         |
| $\text{Cu}^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}$         | +0,52         |
| $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ | +0,77         |

- a.  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Cu}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{s}) + 2\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$
- b.  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Ca}(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$
- c.  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$
- d.  $3\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Ca}(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$
- e.  $3\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Fe}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Cu}(\text{s}) + 2\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$

**09** - (ENEM) A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

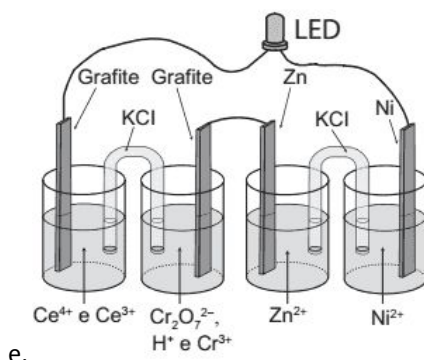
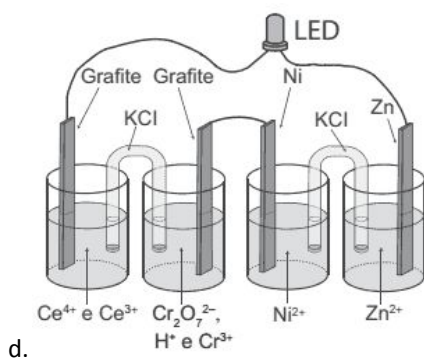
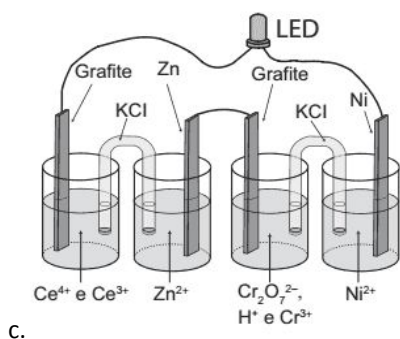
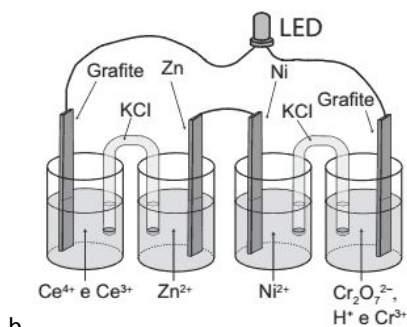
| Semirreação de redução  | $E^\circ$ (V) |
|---|---------------|
| $\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + e^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$   | +1,61         |
| $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14 \text{H}^+(\text{aq}) + 6 e^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ | +1,33         |
| $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$   | -0,25         |
| $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 e^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$   | -0,76         |

Qual associação em série de pilhas fornece a diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?

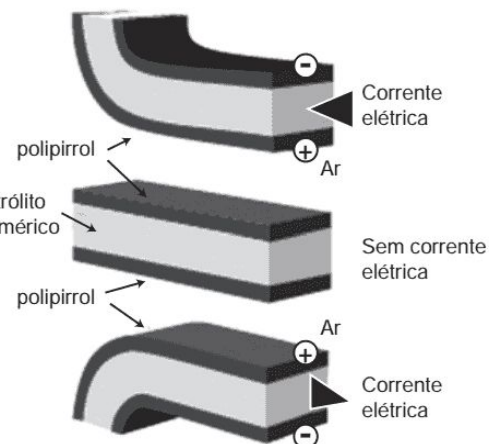


a.

para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions, e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.



**10 - (ENEM)** Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e/ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions



DE PAOLI, M. A. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, São Paulo, maio 2001 (adaptado).

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- a. absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- b. permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- c. mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- d. permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- e. promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

**11 - (MACKENZIE)** Em instalações industriais sujeitas à corrosão, é muito comum a utilização de um metal de sacrifício, o qual sofre oxidação mais facilmente que o metal principal que compõe essa instalação, diminuindo portanto eventuais desgastes dessa estrutura. Quando o metal de sacrifício encontra-se deteriorado, é providenciada sua troca, garantindo-se a eficácia do processo denominado proteção catódica. Considerando uma estrutura formada predominantemente por ferro e analisando a tabela abaixo que indica os potenciais-padrão

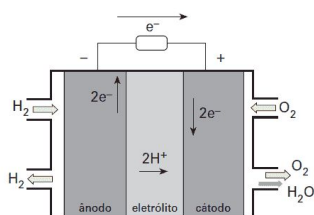


de redução ( $E^{\circ}_{red}$ ) de alguns outros metais, ao ser eleito um metal de sacrifício, a melhor escolha seria

| Metal    | Equação da semirreação                                 | Potenciais-padrão de redução ( $E^{\circ}_{red}$ ) |
|----------|--|--|
| Magnésio | $Mg^{2+}_{(aq)} + 2 e^{-} \rightleftharpoons Mg_{(s)}$ | - 2,38 V   |
| Zinco    | $Zn^{2+}_{(aq)} + 2 e^{-} \rightleftharpoons Zn_{(s)}$ | - 0,76 V   |
| Ferro    | $Fe^{2+}_{(aq)} + 2 e^{-} \rightleftharpoons Fe_{(s)}$ | - 0,44 V   |
| Chumbo   | $Pb^{2+}_{(aq)} + 2 e^{-} \rightleftharpoons Pb_{(s)}$ | - 0,13 V   |
| Cobre    | $Cu^{2+}_{(aq)} + 2 e^{-} \rightleftharpoons Cu_{(s)}$ | + 0,34 V   |
| Prata    | $Ag^{+}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons Ag_{(s)}$    | + 0,80 V   |

- a.o magnésio.
- b.o cobre.
- c.o ferro.
- d.o chumbo.
- e.a prata.

**12 - (ENEM)** O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



VILLULLAS, H. M; TICIANELLI, E. A; GONZÁLEZ, E. R. Química Nova Na Escola. Nº 15, maio 2002.

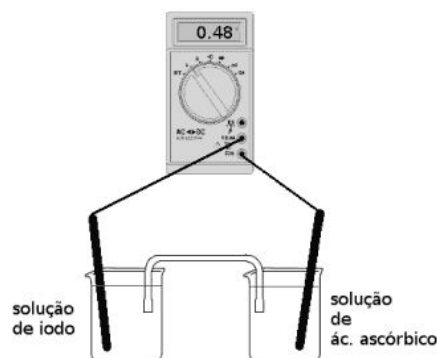
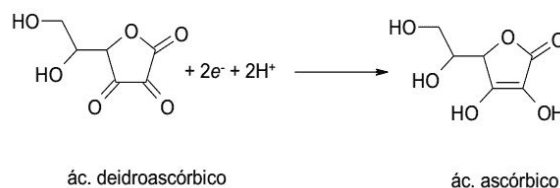
Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

- a.transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
- b.converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
- c.transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
- d.converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes

produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.

e.converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

**13 - (UFPR)** O ácido ascórbico é uma das formas da vitamina C que apresenta propriedade antioxidante. Na indústria de alimentos, ele é largamente utilizado como aditivo para prevenir a oxidação. Uma maneira de analisar a quantidade de ácido ascórbico em bebidas é através de uma reação de oxirredução utilizando iodo. Com base nisso, foi montada uma pilha, conforme ilustração ao lado, contendo eletrodos inertes de platina ligados a um voltímetro. Foram mantidas condições padrão (298 K, 1 atm e 1 mol L<sup>-1</sup>) para o experimento, e no instante em que se fechou o circuito, conectando-se os fios ao voltímetro, o valor de potencial medido foi de 0,48 V. Sabendo que o potencial padrão de redução de iodo a iodeto é de  $E^{\circ} = 0,54$  V, o potencial padrão da reação abaixo é:



- a.0,03 V
- b.0,06 V
- c.0,24 V
- d.0,48 V
- e.1,02 V

**14 - (UEL)** As lâmpadas incandescentes, como as presentes na charge, foram progressivamente substituídas por outros tipos de menor consumo de energia elétrica. Com base nos conhecimentos sobre reações de oxidação e redução e considerando que a rosca dessa lâmpada seja

confeccionada em ferro (Fe(s)) e que esteja sendo utilizada em um ambiente úmido, assinale a alternativa correta.

Valores dos potenciais padrão de redução

$$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu(s)} = +0,34 \text{ V}; \text{Zn}^{2+}/\text{Zn(s)} = -0,76 \text{ V}; \text{Sn}^{2+}/\text{Sn(s)} = -0,14 \text{ V}; \text{Fe}^{2+}/\text{Fe} = -0,44 \text{ V}; \text{Ag}^{+}/\text{Ag(s)} = +0,80 \text{ V}; \text{Mg}^{2+}/\text{Mg(s)} = -2,38 \text{ V}$$

a. A Ag(s) possui maior tendência a sofrer oxidação que o Fe(s). Portanto, o emprego de Ag(s) é adequado como ânodo de sacrifício se a rosca for revestida com esse metal.

b. Como o Cu(s) possui maior potencial padrão de oxidação que o Fe(s), sofre corrosão com maior intensidade, sendo inadequado para a confecção da rosca.

c. Por possuir menor potencial padrão de oxidação que o Fe(s), o Mg(s) atua como protetor catódico quando lascas desse metal revestem parte da rosca.

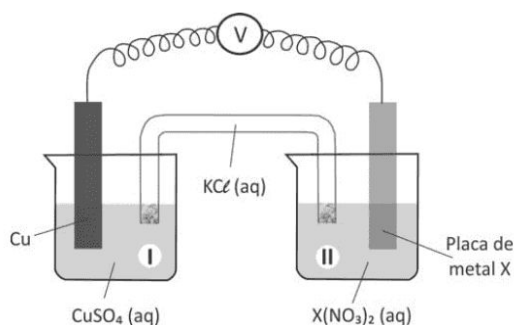
d. O Sn(s), por apresentar maior tendência a sofrer oxidação que o Fe(s), pode atuar como ânodo de sacrifício se a rosca for revestida com esse metal.

e. O Zn(s) tem maior tendência a sofrer oxidação que o Fe(s), podendo proteger a rosca da ferrugem quando ela for revestida com esse metal.

**15 - (FUVEST)** Um estudante realizou um experimento para avaliar a reatividade dos metais Pb, Zn e Fe. Para isso, mergulhou, em separado, uma pequena placa de cada um desses metais em cada uma das soluções aquosas dos nitratos de chumbo, de zinco e de ferro. Com suas observações, elaborou a seguinte tabela, em que (sim) significa formação de sólido sobre a placa e (não) significa nenhuma evidência dessa formação:

| Solução                                | Metal |       |       |
|--|-------|-------|-------|
|  | Pb    | Zn    | Fe    |
| Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (aq) | (não) | (sim) | (sim) |
| Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (aq) | (não) | (não) | (não) |
| Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (aq) | (não) | (sim) | (não) |

A seguir, montou três diferentes pilhas galvânicas, conforme esquematizado.



Nessas três montagens, o conteúdo do béquer I era uma solução aquosa de CuSO<sub>4</sub> de mesma concentração, e essa solução era renovada na construção de cada pilha. O eletrodo onde ocorria a redução (ganho de elétrons) era o formado pela placa de cobre mergulhada em CuSO<sub>4</sub> (aq). Em cada uma das três pilhas, o estudante utilizou, no béquer II, uma placa de um dos metais X (Pb, Zn ou Fe), mergulhada na solução aquosa de seu respectivo nitrato. O estudante mediu a força eletromotriz das pilhas, obtendo os valores: 0,44 V; 0,75 V e 1,07 V. A atribuição correta desses valores de força eletromotriz a cada uma das pilhas, de acordo com a reatividade dos metais testados, deve ser

- a. Metal X Pb; 0,44 Zn; 1,07 Fe; 0,75
- b. Metal X Pb; 0,44 Zn; 0,75 Fe; 1,07
- c. Metal X Pb; 0,75 Zn; 0,44 Fe; 1,07
- d. Metal X Pb; 0,75 Zn; 1,07 Fe; 0,44
- e. Metal X Pb; 1,07 Zn; 0,44 Fe; 0,75

**GABARITO**

- 01 – C
- 02 – B
- 03 – B
- 04 – E
- 05 – B
- 06 – A
- 07 – B
- 08 – E
- 09 – C
- 10 – B
- 11 – A
- 12 – A
- 13 – B
- 14 – E
- 15 – A