

## **Aula 00 - Prof. Diego Souza**

*EMBRAPA (Cargos 40000210,  
40000464, 40000205, 40000013,  
40000551, 40001181, 40001060 e  
40000141) Conhecimentos*

*Complementares - 2024 (Pós-Edital)*  
**Autor:**  
**Ana Cristina dos Santos Lopes,**  
**Diego Souza**

17 de Dezembro de 2024

# Índice

1) Gravimetria - Teoria .....	3
2) Gravimetria - Questões Comentadas .....	44
3) Gravimetria - Lista de Questões .....	69



# GRAVIMETRIA

## Considerações Iniciais

Olá, pessoal, tudo joia?

Hoje vamos focar nossos estudos em uma técnica de análise quantitativa clássica: gravimetria. Outra aula redigida a pedido de alguns alunos, visto que, mesmo se baseando nos princípios de equilíbrio químico, podem ser cobrados em provas detalhes experimentais, reagentes utilizados e estratégias dos métodos gravimétricos de análise. Pensando em suprir essa necessidade, dedico esta aula ao tema.

Destinarei o primeiro capítulo da aula à revisão de equilíbrio químico, já que esse é pré-requisito para uma boa compreensão dos métodos gravimétricos. Se estiver totalmente afiado neste pré-requisito, autorizo-o a ir direto para o segundo capítulo. Caso contrário, não deixe de desfrutar de uma rápida leitura do primeiro capítulo, pois a revisão é sempre mais rápida que o primeiro contato com o conteúdo.

Já lhe adianta que a gravimetria ou análise gravimétrica é um método quantitativo clássico que se baseia na separação e pesagem de um elemento, ou um composto definido de um elemento. Para que essa determinação seja confiável, o elemento ou composto separado deve estar tão puro quanto possível.

O resto sobre gravimetria (exemplos práticos, aplicações, detalhes experimentais, principais estratégias e outros detalhes) eu lhe conto durante a aula. Por isso, sem mais demora, vamos dar início ao que interessa: conteúdo. Desejo-lhe uma boa aula e lembre-se de me procurar caso fique com alguma dúvida. Bons estudos! Forte abraço!

[Instagram](#): Prof.DiegoSouza

[Telegram](#): t.me/profdiegosouza

[YouTube](#): Prof. Diego Souza

## Introdução a equilíbrio químico (revisão)

### Reversibilidade das reações e análise gráfica

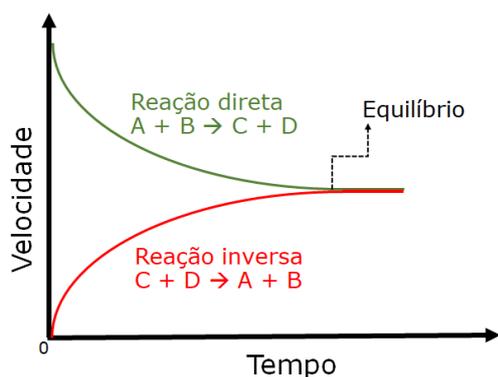
Se já está seguro sobre constantes de equilíbrio químico, está autorizado a pular este capítulo inteiro que consistirá de uma rápida revisão de conceitos basilares do equilíbrio e também filtração, os quais são necessários para uma melhor compreensão dos métodos gravimétricos. Se não está tão seguro, aproveite essa leitura inicial para lembrar rapidamente conceitos importantes.

Em muitos casos, abordamos as reações como se fossem unidirecionais (uma única seta para direita), em que os reagentes são totalmente consumidos para formação dos produtos. Por exemplo:  $A + B \rightarrow C + D$ . Entretanto, raramente isso acontece. No entanto, **na maioria das vezes, as reações se dão nos dois sentidos (bidirecionais):**  $A + B \rightleftharpoons C + D$ .

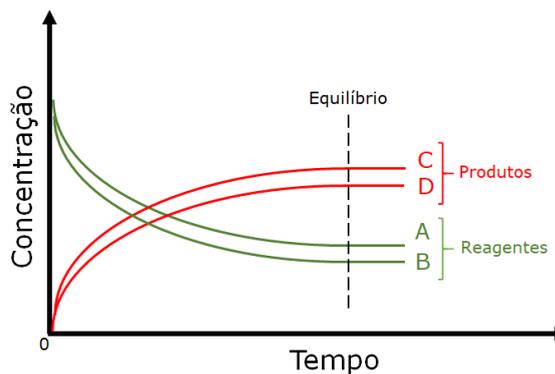


Imagine que adicionamos em um b quer os reagentes A e B. De in cio, n o haver  produtos (C e D) e as concentra es de A e B ser o altas. Desta forma, a velocidade da rea o no sentido de forma o dos produtos (seta para direita, **rea o direta**),  $v_1$ , ser  alta, consumindo os reagentes (A e B), ou seja, diminuindo suas concentra es.   medida que C e D come am a ser formados, surge uma velocidade de rea o  $v_2$  no sentido de forma o dos reagentes A e B (seta para esquerda, **rea o inversa**). Entretanto, a concentra o de C e D no in cio ainda   baixa e, por isso,  $v_1$    muito maior que  $v_2$ . A rea o continua, a concentra o dos produtos aumenta de modo que  $v_2$  tamb m aumenta. Por fim, a rea o atinge um ponto denominado de **estado de equil brio**, no qual a velocidade de forma o dos reagentes   igual a velocidade de forma o dos produtos, ou seja,  $v_1 = v_2$ .

Podemos analisar graficamente o percurso entre o in cio da rea o at  o estado de equil brio sob dois aspectos diferentes: o das velocidades das rea es direta e inversa, e o das concentra es de produtos e reagentes. Perceba no **gr fico   esquerda** que no in cio  $v_1$    alta e  $v_2 = 0$ . Em seguida, com o avan o da rea o e, por conseguinte, aumento da concentra o dos produtos,  $v_2$  aumenta at  se igualar a  $v_1$  ( $v_1 = v_2$ ), atingindo, desta forma, o equil brio. Por outro lado, **no gr fico   direita**, v -se que a concentra o dos reagentes A e B s o altas no in cio (tempo = 0).   medida que a rea o se desenvolve, suas concentra es diminuem e as concentra es dos produtos C e D aumentam. Essa dire o permanece at  o equil brio ser atingido, situa o em que as concentra es de todas esp cies qu micas envolvidas passam a ser constantes, o que   representado pelos segmentos perpendiculares ao eixo concentra o.



Comportamento das velocidades das rea es direta e inversa at  o equil brio



Comportamento das concentra es dos produtos e dos reagentes at  o equil brio

Desse racioc nio decorre a **reversibilidade** que   uma caracter stica da grande maioria das rea es qu micas, ou seja, elas acontecem simultaneamente nos dois sentidos. **J  dizia o ditado: tudo que vai, volta.**



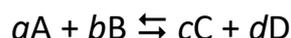


### Cuidado: O equilíbrio químico é dinâmico!

Não caia em “pegadinhas”! O estado de equilíbrio não é uma condição estática, mas sim dinâmica, pois reagentes e produtos estão sendo formados ao mesmo tempo. As concentrações dos produtos e dos reagentes são constantes devido à equivalência das velocidades de reação nos dois sentidos,  $v_1 = v_2$ . O que é bastante plausível, não é mesmo?

## A constante de equilíbrio

Retomemos a equação genérica anterior ( $A + B \rightleftharpoons C + D$ ), incluindo agora os respectivos coeficientes estequiométricos, representados por letras minúsculas:



A partir da equação balanceada acima, podemos escrever uma equação algébrica denominada **constante de equilíbrio**, válida para o estado de equilíbrio, como segue:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Os termos [A], [B], [C] e [D] representam as concentrações em  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  das espécies químicas envolvidas. A **constante de equilíbrio** ( $K$ ) é **adimensional**, pois as concentrações são inseridas na equação sem unidade. Isso acontece porque os termos da equação acima ([A], [B], [C] e [D]) são, na verdade, uma razão entre a concentração da espécie e a sua concentração no **estado padrão**, o qual equivale a  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  para soluções. Desta forma, temos que a divisão de qualquer concentração em  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  por  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  apresentará como resultado a própria concentração sem unidade (adimensional) da espécie. Quando as espécies químicas estão no **estado gasoso** (por ex.:  $\text{H}_2(\text{g})$ ), os termos da equação serão suas pressões em bar, sendo que o **estado padrão** de um gás corresponde a 1 bar. Por fim, **para sólidos e líquidos puros, os termos serão iguais a 1** (por ex.:  $[\text{Fe}] = 1$  para  $\text{Fe}_{(\text{s})}$  em uma reação química), o que significa que esses termos são omitidos da equação. O solvente também é omitido da equação de equilíbrio, pois sua concentração é tão alta que seu comportamento será muito próximo a de um líquido puro.





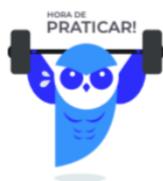
### Regras a serem observadas para a equação da constante de equilíbrio químico

É importante que você entenda a discussão conceitual do parágrafo anterior, pois, eventualmente, isso pode ser cobrado. No entanto, para uma maior praticidade na resolução de exercícios que envolvam cálculo de constante de equilíbrio químico, lembre-se das seguintes regras:

1. As concentrações das espécies químicas devem estar em  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , mas sua unidade será omitida;
2. As concentrações dos gases devem ser expressas em bar;
3. Sólidos, líquidos e solventes são omitidos (essa regra é especialmente importante para métodos gravimétricos).

Um último aspecto a ser observado é que o sentido direto da reação será favorecido se  $K > 1$  (dizemos que a reação se desloca no sentido dos produtos). Caso  $K$  seja muito maior que 1 ( $K \gg 1$ ), podemos dizer que a reação será completa, ou seja, todo reagente será consumido para formação dos produtos. Por outro lado, se  $K \ll 1$  (lembro que  $K$  sempre será maior que 0, já que não existe concentração negativa), então a reação será completamente deslocada no sentido dos reagentes.

Vamos resolver abaixo dois exercícios relativamente simples para familiarizarmos com o que já aprendemos até aqui.



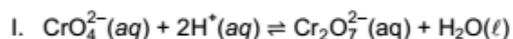
(Quadrix - SEDF - 2017) Com base nos conceitos de equilíbrio químico, julgue o item subsequente:

O equilíbrio químico ocorre quando há um equilíbrio dinâmico entre reagentes e produtos em uma reação química, ou seja, a condição na qual os processos direto e inverso ocorrem simultaneamente em velocidades iguais.

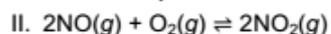
**Comentários:** Afirmação correta. O candidato desatento pode confundir, pois no equilíbrio as concentrações das espécies são constantes. Entretanto, isso não significa que o sistema se encontra estático. Chamei atenção para o fato de o equilíbrio ser uma condição dinâmica, pois reagentes e produtos estão sendo formados ao mesmo tempo.



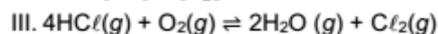
(COMVEST - UFAM - 2016) A seguir são apresentados itens com as reações de equilíbrio e as correspondentes constantes de equilíbrio em termos de concentração ( $K_c$ ):



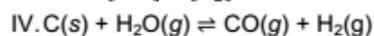
$$K_c = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \times [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CrO}_4^{2-}] \times [\text{H}^+]^2}$$



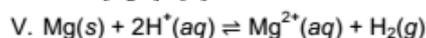
$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2]}$$



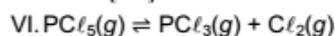
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \times [\text{Cl}_2]}{[\text{HCl}]^4 \times [\text{O}_2]}$$



$$K_c = \frac{[\text{CO}] \times [\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}] \times [\text{C}]}$$



$$K_c = \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{[\text{H}^+]^2}$$



$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

**Assinale a alternativa correta:**

- a) Somente os itens I, II e V estão corretos
- b) Somente os itens I, III e VI estão corretas
- c) Somente os itens II, III e VI estão corretos
- d) Somente os itens II, IV e V estão corretas
- e) Somente os itens II, IV e VI estão corretos

**Comentários:**

Excelente questão para treinar as regras básicas de escrita das equações de equilíbrio. Além disso, a questão apresenta “peguinhas” que nos deixarão mais atentos em questões semelhantes. Vamos analisar cada afirmativa separadamente.

Afirmativa I: o equilíbrio se dá em meio aquoso, o que é perceptível pelos índices (aq) que corresponde a aquoso. Portanto, o solvente, que nesse caso é a água, deveria ter sido omitido da equação. Portanto, afirmativa incorreta.

Afirmativa II: a equação para constante de equilíbrio (K) está correta.

Afirmativa III: nesse caso a água participa da equação, pois a reação se dá no estado gasoso, sendo a água um produto da reação. Portanto, afirmativa correta.

Afirmativa IV: sólidos devem ser omitidos na equação da constante. Afirmativa incorreta.

Afirmativa V: faltou o gás  $\text{H}_2$  na equação. Incorreta.

Afirmativa VI: a equação prevê corretamente todas as espécies participantes do equilíbrio. Afirmativa correta.



## Deslocamento de equilíbrio (Princípio de Le Châtelier)

O **Princípio de Le Châtelier** explica o comportamento de sistemas em equilíbrios quando perturbados, podendo ser descrito como segue:

**Caso seja realizada uma perturbação em um sistema em equilíbrio, alterando concentrações, temperatura ou pressão, o sistema reagirá se deslocando no sentido de diminuir ou anular essa perturbação.**

Talvez não fique tão claro apenas lendo o enunciado do Princípio de Le Châtelier. Vamos analisar isoladamente o que acontece com o sistema em cada tipo de perturbação.

### Alteração de concentração

Retomemos a equação genérica anterior  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . Imagine que seja retirada parte dos produtos (C e D) do sistema. Nesse caso, a reação irá se deslocar no sentido de formação de mais produto (seta para direita) a fim de reequilibrar o sistema. Da mesma forma, se for retirado os reagentes ou diminuída suas concentrações, então a reação se deslocará no sentido dos reagentes (seta para esquerda).

De outra maneira, se adicionarmos reagentes a um sistema em equilíbrio, ele reagirá no sentido de formação de mais produtos. Caso a adição seja de produtos, então o equilíbrio será deslocado para os reagentes.

### Alteração de temperatura

Uma reação endotérmica ( $\Delta H > 0$ ) recebe ou rouba energia do meio (vizinhança) para ocorrer. Para esse tipo de reação, o aquecimento do meio (aumentar a temperatura) favorece a reação direta e, portanto, desloca no sentido dos produtos. De forma oposta, uma reação exotérmica ( $\Delta H < 0$ ) será deslocada para o sentido dos produtos caso o meio seja resfriado.

Uma outra maneira de analisarmos esse tipo deslocamento é considerarmos que a energia fornecida ou absorvida na forma de calor é parte da reação, conforme demonstrado abaixo. Perceba:

**Reação exotérmica:** Reagentes  $\rightleftharpoons$  Produtos + Calor

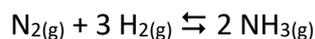
**Reação endotérmica:** Calor + Reagentes  $\rightleftharpoons$  Produtos

A partir daí podemos usar o raciocínio da concentração. Por exemplo, nas reações exotérmicas, caso o meio seja aquecido, é como se tivéssemos a adição de um dos produtos (calor) e, por isso, a reação será deslocada para os reagentes. A aplicação de aquecimento em uma reação endotérmica promoverá um deslocamento do equilíbrio para a formação de produtos.

### Alteração da pressão

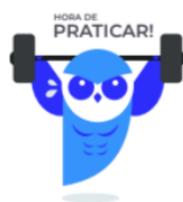
Devemos lembrar que idealmente todos os gases possuem o mesmo volume molar de  $22,4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$  nas CNTP (Condições Normais de Temperatura e Pressão). Tomemos como exemplo a síntese da amônia para entendermos o efeito da pressão sobre o equilíbrio.





Mesmo que o sistema não esteja nas CNTP, idealmente 1 mol de um determinado gás ocupa o mesmo volume que 1 mol de outro gás. Desta forma, vamos considerar que cada mol de gás ocupe um certo volume V. Na reação, 1V de N<sub>2</sub> e 3V de H<sub>2</sub> produzem 2V de NH<sub>3</sub>. De outra forma, somando o volume dos reagentes, temos 4V ⇌ 2V. Disso nota-se que os reagentes ocupam um volume maior que o produto nessa reação de síntese da amônia. **Caso a pressão do sistema reacional fosse aumentada, ou seja, se o sistema fosse comprimido, então o equilíbrio seria deslocado no sentido de menor volume, que nesse caso seria na direção dos produtos. De modo oposto, se a pressão for diminuída, o equilíbrio será deslocado na direção de maior volume, no caso, para os reagentes.**

O princípio de Lê Châtelier é assunto muito cobrado em exercícios de concurso. Vamos ver como isso se dá? Não deixe de analisar a resolução da próxima questão, na qual introduzo o conceito de quociente da reação para complementar a interpretação do princípio de Lê Châtelier.



**Considere que, na temperatura T<sub>0</sub>, a constante de equilíbrio para a reação de decomposição do N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g) apresentada a seguir seja igual a 4,0 e que o comportamento dos gases envolvidos nessa reação seja ideal.**



**(CESPE | CEBRASPE - Perito Criminal - SDS/PE - 2016) De acordo com as informações do texto acima, se, em determinado instante, na temperatura T<sub>0</sub>, as pressões parciais de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (g) e NO<sub>2</sub> (g) dentro de uma câmara forem iguais a 0,16 bar e 0,80 bar, respectivamente, então**

- a) a reação não se encontrará em equilíbrio, mas as velocidades das reações direta e inversa serão iguais e diferentes de zero.
- b) a reação se encontrará em equilíbrio, e a velocidade tanto da reação direta quanto da reação inversa será igual a zero.
- c) a reação se encontrará em equilíbrio, e as velocidades das reações direta e inversa serão iguais.
- d) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação direta será superior à da reação inversa.
- e) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação inversa será superior à da reação direta.

#### **Comentários:**

Inicialmente devemos utilizar os dados da reação para escrever a equação da constante de equilíbrio.

$$K = 4 = \frac{P(\text{NO}_2)^2}{P(\text{N}_2\text{O}_4)}$$

em que P corresponde a pressão em bar. Precisamos agora descobrir se o sistema está em equilíbrio com as pressões parciais fornecidas. Podemos calcular o quociente de reação (Q) e em seguida compará-lo com K.



O Q é calculado de maneira semelhante ao K, mas difere deste por apresentar a condição real ou atual do sistema ou da reação. Vejamos como calculá-lo.

$$Q = \frac{P(\text{NO}_2)^2}{P(\text{N}_2\text{O}_4)}$$

$$Q = \frac{0,8^2}{0,16} \rightarrow Q = 4$$

Comparação entre Q e K (Empregue este raciocínio em outros exercícios quando precisar).

Comparação	O que significa
Se $Q = K$	<b>A reação está em equilíbrio.</b>
Se $Q > K$	Significa que, em Q, o numerador está alto em relação ao denominador. Por isso, precisará diminuir o numerador (PRODUTOS) até que Q se iguale com K. <b>REAÇÃO IRÁ SE DESLOCAR PARA OS REAGENTES (ESQUERDA)</b>
Se $Q < K$	Significa que, em Q, o denominador está alto em relação ao numerador. Por isso, precisará diminuir o denominador (REAGENTES) até que Q alcance K. <b>REAÇÃO IRÁ SE DESLOCAR PARA OS PRODUTOS (DIREITA)</b>

Como  $Q=K$ , concluímos que o sistema se encontra em equilíbrio e, portanto, as velocidades das reações direta e inversa serão iguais.

**(VUNESP - Perito Criminal - PCSP - 2013) O aumento de pressão do sistema acarretará maior rendimento em produto do equilíbrio representado por:**

- $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$
- $\text{CO}_{(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)}$
- $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)}$
- $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightleftharpoons \text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{2(g)}$
- $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)}$

#### Comentários:

Considere que cada mol de gás, independente da substância gasosa, ocupe o mesmo volume V. Faça a soma dos volumes para os reagentes e para os produtos em cada reação. Veja:

Letra	Volume dos produtos	Volume dos reagentes
A	0V	1V
B	1,5V	1V
C	1V	1V
D	1V	3V
E	0V	1V



Nas reações em que os volumes dos lados opostos da reação são iguais, a variação da pressão não deve causar deslocamento do equilíbrio. Nos demais, o equilíbrio será deslocado na direção de menor volume caso haja aumento de pressão. Vale lembrar que o enunciado quer saber qual reação aumentaria seu rendimento (aumentaria a formação de produtos) com o aumento da pressão. Segundo a tabela acima, a reação da Letra B é a única em que os produtos ocupam um volume menor que os reagentes.

(IBFC - Perito Criminal/Eng. Química - PCRJ - 2013) A corrosão pode ter inúmeras causas, entre elas podemos citar os incêndios. Quando o fenômeno ígneo ocorre em edificações ou viadutos, pode colocar em risco a integridade física e o patrimônio dos cidadãos. Nos processos de corrosão do Ferro, há formação de ferrugem e, dependendo dos fatores que contribuem para este processo, pode-se minimizar ou até evitar o processo corrosivo. Na equação da reação abaixo está representado uma das formas de oxidação do ferro.



Marque a alternativa que apresenta o correto procedimento para dificultar este processo de corrosão:

- a) Retirar óxido férrico.
- b) Adicionar hidrogênio gasoso.
- c) Adicionar ferro metálico.
- d) Alterar a pressão do sistema reacional.
- e) Adicionar água.

#### Comentários:

O candidato deveria se basear no princípio de L<sup>e</sup> Châtelier para julgar todas as alternativas.

Letra A: incorreta. Retirar óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que é um produto, desloca a reação para a direita, promovendo ainda mais a oxidação do ferro metálico (Fe).

Letra B: correta. Adicionar hidrogênio gasoso, que é um produto, desloca a reação no sentido dos reagentes, evitando, dessa forma, a oxidação do ferro metálico e a formação de ferrugem ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Letra C: incorreta. Adicionar reagente desloca a reação para a formação dos produtos.

Letra D: incorreta. Do lado dos reagentes há 3 mols de  $\text{H}_2\text{O}(g)$ , enquanto que do lado dos produtos há 3 mols de  $\text{H}_2(g)$ . Considerando um comportamento ideal, os 3 mols dos diferentes gases ocuparão o mesmo volume. Portanto, como não há diferença de volume entre os dois lados da equação, o equilíbrio independe da pressão.

Letra E: incorreta. Adicionar reagente desloca a reação para a formação dos produtos.

## Constante do produto de solubilidade ( $K_{ps}$ )

A constante de equilíbrio ( $K$ ), que pode ser definida para qualquer reação em equilíbrio, recebe diferentes nomes para determinados tipos de reação. Isso não deve ser uma grande preocupação porque seus nomes são intuitivos e também porque todas elas respeitam o princípio de L<sup>e</sup> Chatelier. Hoje, vamos focar no estudo da **constante do produto de solubilidade ( $K_{ps}$ )** que é a única ou pelo menos disparadamente a mais importante para o aprofundamento nos métodos gravimétricos. Vamos lá?!



A adição de um sal pouco solúvel em água, acima da sua capacidade de solubilização, produzirá uma **solução saturada** com formação de depósito do excesso de sal no fundo do recipiente, chamado **precipitado** ou **corpo de fundo**, conforme ilustrado na figura abaixo, no qual está ilustrada a solução de sulfato de bário, BaSO<sub>4</sub>.



*mundoeducacao.bol.uol.com.br (2020)*

Esse sistema estará em equilíbrio, pois parte dos cátions Ba<sup>2+</sup> podem se unir a ânions SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> para precipitar na forma de BaSO<sub>4</sub>(s), ao mesmo tempo que parte do sólido BaSO<sub>4</sub>(s) pode redissolver, recompondo, assim, a mesma quantidade de ânions e cátions precipitados. Dessa forma, a concentração no **sobrenadante** (**solução saturada** acima do sólido) e a quantidade de sólido são constantes. Essa constante de equilíbrio receberá o nome de **constante do produto de solubilidade (K<sub>ps</sub>)**, que é bem sugestiva, não é mesmo? Vejamos como podemos expressar essa reação e sua respectiva constante de equilíbrio para essa situação:



$$K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_{4}^{2-}]$$

Detalhes a serem observados:

- O sólido é omitido conforme estudamos;
- O K<sub>ps</sub> do BaSO<sub>4</sub> << 1 ou muito próximo a zero, indicando a baixa solubilidade desse sal em água;
- Dado que o sal foi adicionado em excesso, não precisamos conhecer sua massa adicionada para calcular a concentração dos íons em solução, basta fazermos K<sub>ps</sub> = x.x → K<sub>ps</sub> = x<sup>2</sup>, uma vez que [Ba<sup>2+</sup>] = [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]. Este tópico é muito importante, releia com atenção.

Para certificar-se de que aprendeu mesmo, responda:

**Qual a concentração de Ba<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> no equilíbrio???**

Aplicando a orientação anterior, temos:

K<sub>ps</sub> = x.x → K<sub>ps</sub> = x<sup>2</sup>, uma vez que [Ba<sup>2+</sup>] = [SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>]

1,0.10<sup>-10</sup> = x<sup>2</sup> → x = 1,0.10<sup>-5</sup> mol/L

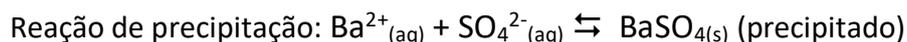
Resposta: a concentração tanto de Ba<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> no equilíbrio correspondem à 1,0.10<sup>-5</sup> mol/L.

Imagine que seja adicionada à solução uma outra fonte de sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), por exemplo Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pelo princípio de L<sup>e</sup> Ch<sup>â</sup>telier, teremos o deslocamento para o lado do reagente (BaSO<sub>4</sub>), pois, apesar do aumento da



concentração de sulfato devido à adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , a concentração de  $\text{Ba}^{2+}$  diminuirá para manter o produto  $[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$  constante. Esse efeito é conhecido como **efeito do íon comum**, já que o íon adicionado é comum aos dois sais (o sal precipitado e o sal solúvel adicionado).

Essa constante pode ser enxergada por um outro ponto de vista. Se invertemos o sentido da reação, visualizaremos uma reação de precipitação, pois íons  $\text{Ba}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  estão se atraindo eletrostaticamente até precipitar na forma de  $\text{BaSO}_4(\text{s})$ , formando o precipitado (corpo de fundo), conforme esquematizado abaixo. Vamos discutir melhor a frente, mas já lhe adianto que, ao inverter o sentido de uma reação, devemos inverter sua constante, ou seja, fazer:  $k' = 1/k$ . Portanto, teremos:



$$\text{Constante da reação acima: } K' = (1/K_{\text{ps}}) = (1/1,0 \cdot 10^{-10}) = \mathbf{1,0 \cdot 10^{10}}$$

Note que agora o valor da constante mudou absurdamente, passou a ser "gigantão". O que isso significa?

Praticamente o mesmo que discutimos no outro sentido de reação. Agora, podemos dizer que a constante de formação do precipitado é muito alta, ou seja, essa reação é extremamente tendenciosa para o lado direito, o de formação do precipitado, justamente porque o sal é muito insolúvel como já havíamos concluído antes. **Beleza?** Só tome cuidado para não confundir as duas interpretações na hora do exercício.



(ESAF - Químico - MI - 2012) O fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) apresenta risco quando reage com ácido sulfúrico concentrado formando ácido fluorídrico, que provoca corrosão de frascos de vidro. Indique a opção que mostra a solubilidade do  $\text{CaF}_2$ , em mol/L, em uma solução de fluoreto de sódio (NaF) com concentração 0,010 mol/L. Dado:  $K_{\text{ps}}(\text{CaF}_2) = 3,9 \times 10^{-11}$

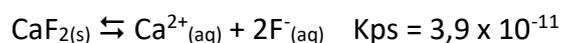
- a)  $2,1 \times 10^{-4}$
- b)  $4,4 \times 10^{-6}$
- c)  $3,9 \times 10^{-7}$
- d)  $2,1 \times 10^{-8}$
- e)  $3,9 \times 10^{-9}$

#### Comentários:

Exercício que aborda o efeito do íon comum. Como  $K_{\text{ps}}$  do  $\text{CaF}_2 \ll 1$ , então esse sal é pouco solúvel. Estudaremos em inorgânica como prever qualitativamente a solubilidade dos sais em geral. Por enquanto, lembre-se de uma dica valiosa: caso não seja fornecido o  $K_{\text{ps}}$  de um determinado sal no enunciado, então muito provavelmente esse sal é solúvel como acontece neste exercício para o NaF (sal solúvel).



A adição do NaF aumenta consideravelmente a concentração do ânion fluoreto em comum ( $F^-$ ), que é comum a ambos os sais. Esse aumento desloca o equilíbrio abaixo para esquerda, no sentido de formação de  $CaF_{2(s)}$  e diminuição da concentração de  $Ca^{2+}_{(aq)}$ , ou seja, acaba diminuindo a solubilidade desse sal.



Agora que entendemos a parte conceitual, precisamos calcular para quanto a solubilidade do sal será diminuída. Entenda aqui solubilidade como a concentração do sal em mol/L que estará na forma dissociada.

A dissociação de 1 mol de  $CaF_{2(s)}$  produz 1 mol de  $Ca^{2+}_{(aq)}$  e 2 mols de  $2F^{-}_{(aq)}$ . Portanto, se considerarmos que x mols de  $CaF_{2(s)}$  está dissociado, então estarão presentes x mol de  $Ca^{2+}_{(aq)}$  e 2x mol de  $2F^{-}_{(aq)}$ . Além disso, a concentração de  $2F^{-}_{(aq)}$  recebe um incremento de 0,010 mol/L vindos do NaF (sal muito solúvel, cuja dissociação será completa). Com base nessas considerações, podemos incluir os valores na equação do equilíbrio da seguinte maneira:

$$[Ca^{2+}] \cdot [F^-]^2 = K_{ps}$$

$$x \cdot (2x + 0,01)^2 = 3,9 \cdot 10^{-11}$$

Caso desenvolvêssemos a equação acima, encontraríamos uma equação de 3º grau. Em exercícios de equilíbrio, nunca tente resolver uma equação de 3º grau porque você perderá muito tempo. Nesses casos, sempre podemos fazer uma aproximação coerente que simplifique os cálculos. Já que o  $CaF_{2(s)}$  é pouquíssimo solúvel ( $K_{ps} \ll 1$ ), podemos supor que a concentração 0,01 mol/L oriunda de NaF é muitíssimo maior que 2x de  $F^-$  oriundo do  $CaF_2$ . Desta forma, se  $[F^-] = 2x + 0,01$ , podemos aproximar para  $[F^-] \approx 0,01$ . Aplicando esse valor aproximado na equação do equilíbrio, temos:

$$x \cdot (0,01)^2 \approx 3,9 \cdot 10^{-11}$$

$$x \approx 3,90 \cdot 10^{-7} \text{ (Letra C)}$$

Portanto, na presença de aproximadamente 0,01 mol·L<sup>-1</sup> de  $F^-$ , 3,90·10<sup>-7</sup> mol·L<sup>-1</sup> de  $Ca^{2+}$ . Considerando que, na dissolução de 1 mol do sal  $CaF_2$ , 1 mol de  $Ca^{2+}$  é liberado, então 3,90·10<sup>-7</sup> mol·L<sup>-1</sup> é a própria solubilidade desse sal.

Um pequeno desafio para você: sugiro que calcule a concentração de  $F^-$  oriundo do sal  $CaF_2$  em equilíbrio e na ausência do NaF. Compare o resultado obtido com 0,01 mol/L e perceberá que realmente a aproximação realizada é muito plausível.

**Resposta: letra C**

**(IPAD - Perito Criminal/Química - PCPE - 2006) Em uma análise qualitativa, fluoreto de cálcio sólido foi adicionado, em pequenas quantidades e lentamente, a uma solução contendo íons fluoreto e carbonato. Sabendo-se que as concentrações de  $F^-$  e  $CO_3^{2-}$  são de  $5,0 \times 10^{-5} M$  e que os produtos de solubilidade do  $CaCO_3$  é de  $4,7 \times 10^{-9}$  e do  $CaF_2$  é  $1,7 \times 10^{-10}$ , pode-se dizer que nesse processo:**

- a) o  $CaCO_3$  precipita primeiro.
- b) o  $CaF_2$  precipita primeiro.
- c) o  $CaCO_3$  e o  $CaF_2$  precipitam ao mesmo tempo.
- d) não ocorre precipitação de nenhum sal.
- e) o  $K_{ps}$  do  $CaF_2$  não pode ser ultrapassado.

**Comentários:**



O primeiro passo é estruturar as reações e os respectivos Kps. Em seguida, podemos incluir as concentrações de  $F^-$  e  $CO_3^{2-}$  e encontrar  $[Ca^{2+}]$ .



$$\begin{aligned}K_{ps}(CaCO_3) &= [Ca^{+}][CO_3^{2-}] = 4,7 \cdot 10^{-9} \\ [Ca^{+}] \cdot 5 \cdot 10^{-5} &= 4,7 \cdot 10^{-9} \\ [Ca^{+}] &= 9,4 \cdot 10^{-5}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}K_{ps}(CaF_2) &= [Ca^{+}][F^-]^2 = 1,7 \cdot 10^{-10} \\ [Ca^{+}] \cdot (5 \cdot 10^{-5})^2 &= 1,7 \cdot 10^{-10} \\ [Ca^{+}] &= 0,068\end{aligned}$$

Perceba que no primeiro caso a concentração de  $Ca^{2+}$  ( $9,4 \cdot 10^{-5}$  mol/L) é muito menor que a concentração no segundo caso (0,068 mol/L). Essas concentrações de cálcio obtidas são os valores limiares a partir dos quais os sais começam a precipitar. Portanto, com a adição gradual de  $Ca^{2+}$  à solução, o  $CaCO_3$  será o primeiro sal a precipitar. Em uma outra interpretação das concentrações obtidas para  $Ca^{2+}$  nos cálculos acima, podemos dizer que  $CaF_2$  suporta uma maior quantidade de cátions  $Ca^{2+}$  até que ultrapasse o equilíbrio e comece a precipitar.

**Resposta: letra A**

ESCLARECENDO!



**E é justamente essa formação de precipitado, discutida antes e durante a resolução dos exercícios que fundamenta a análise gravimétrica.** Em geral, na gravimetria (método de análise quantitativo baseado na pesagem de substância), temos um íon em solução, por ex:  $X^+$ , que queremos determinar sua concentração. Para tanto, adicionamos um contraíon  $Y^-$  que formará com o primeiro um composto insolúvel,  $XY_{(s)}$ , o qual vai precipitar e se depositará no fundo como precipitado, certo? Em seguida, filtra-se a amostra e o precipitado é retido no papel de filtro. Esse papel é seco para evaporar a água aderida ao sólido e, por último, o sal seco é pesado. Se sabemos qual é o composto precipitado  $XY_{(s)}$ , então podemos realizar cálculos estequiométricos para quantificar o íon X de interesse, mas antes de aprofundarmos em gravimetria, vamos revisar rapidamente a filtração? Há outras formas de gravimetria, mas essa que acabo de explicar é a mais comum delas.

## Filtração

De início, vale lembrar que a **filtração** é um método de separação de misturas heterogêneas. As **misturas heterogêneas**, por sua vez, são formadas por mais de uma fase. Um exemplo clássico de filtração é a coagem do café, mas provavelmente esse exemplo não será cobrado em prova. Vamos, então, aprofundar um pouco mais nesse tipo de separação e ver como se dá a filtração, utilizando aparatos laboratoriais.



A **filtração** consiste na separação de substâncias sólidas insolúveis em substâncias líquidas por meio de um filtro que retêm a substância sólida.

Em geral, nas filtrações em laboratório, utiliza-se o **papel de filtro** (papel em formato circular que apresenta teor baixo de impurezas e é capaz de reter substâncias sólidas, mesmo aquelas com dimensão muito pequena). O baixo teor de impurezas, sobretudo cinzas, faz-se muito importante na gravimetria, visto que o papel pode ser calcinado junto com o precipitado de interesse. Nessa situação, se houvesse teor considerável de cinzas no papel, isso acarretaria em um erro positivo ao resultado (aumento indevido do teor do analito).

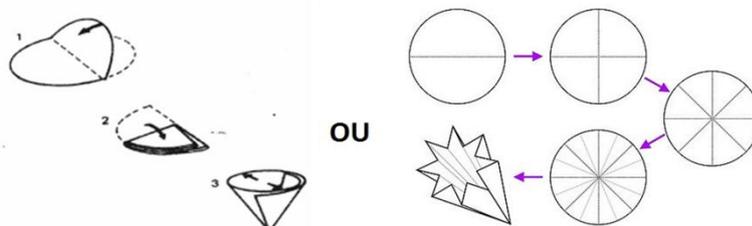
Temos dois tipos principais de filtração: filtração simples ou comum, e filtração a vácuo. Vamos entender cada uma delas.

ESCLARECENDO!



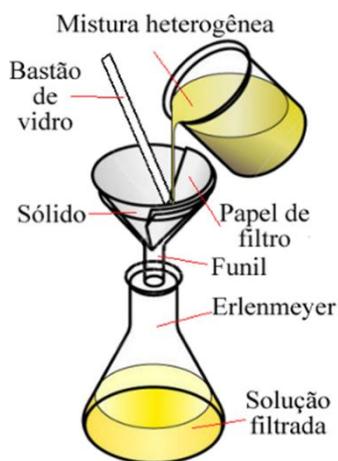
### Filtração simples ou filtração comum

Nesse tipo de filtração, o papel pode ser dobrado de duas maneiras, ilustrados nos esquemas abaixo (da esquerda ou da direita). Na opção da direita, o papel fica mais pregueado, aumentando sua superfície de contato, o que acelera o processo de filtração.



Em seguida, esse papel é utilizado no sistema de filtração abaixo, o qual dispensa explicações. Ressalto apenas que o papel dobrado cumpre o mesmo papel que o coador que utilizamos para coar o café. As partículas sólidas ficam retidas no papel e a solução líquida segue para o erlenmeyer (frasco coletor).



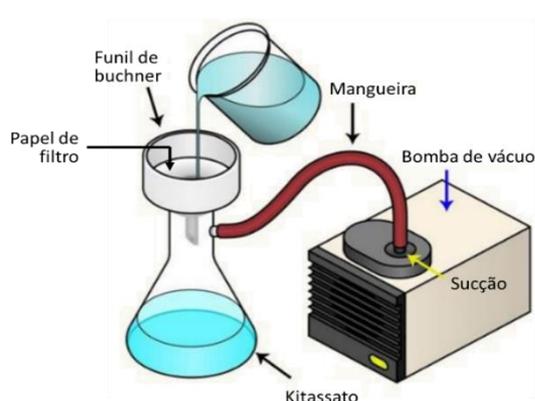


splabor.com.br (2019)

### Filtração a vácuo

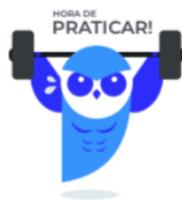
Na figura abaixo, percebemos, de início, semelhanças e diferenças entre esse sistema e o sistema de filtração simples. Aqui o funil simples é substituído pelo funil de buchner; o erlenmeyer, pelo kitassato. A principal diferença é a presença de um novo elemento, a bomba de vácuo. Vamos, então, entender como esses componentes atuam, de forma sincronizada, para viabilizar a filtração à vácuo.

A principal resultado prático é que a filtração a vácuo é muito mais rápida que a filtração simples. O funil de buchner apresenta, em sua parte inferior, um anel de borracha (chamado alonga) que faz a vedação do funil com o bocal do kitassato. O papel de filtro [sem dobras] é adicionado na parte superior do referido funil e, antes do início da filtração, é umidificado com água destilada (água “pura”), o que realiza a vedação do sistema pela parte superior. A partir desse momento, liga-se a bomba de vácuo que começa a “puxar” o ar contido dentro do kitassato, o que irá produzir em seu interior vácuo (pressão negativa). Em seguida, podemos dar início à filtração, adicionando a mistura líquida a ser separada pela parte superior, conforme demonstrado na figura. O vácuo no interior do kitassato força a passagem, de forma mais rápida, do líquido pelo papel. A parte sólida é retida no papel e a solução (água + substâncias solúveis) é coletada no kitassato e, assim, temos a filtração a vácuo.



splabor.com.br (2019)





(CS-UFG - Analista de Saneamento - Biólogo - SANEAGO-GO - 2018) A filtração a vácuo é um método de separação de misturas heterogêneas que ocorre a uma velocidade maior que a filtração normal. O funil de Büchner é uma das vidrarias utilizadas para realizar esse método juntamente com

- a) a mufla.
- b) a tela de amianto.
- c) o picnômetro.
- d) o kitassato.

**Comentários:**

Letra A e B: incorretas. A mufla e a tela de amianto são utilizadas em sistemas que visam o aquecimento.

Letra C: incorreta. O picnômetro é uma vidraria utilizada para a determinação da densidade de substâncias.

Letra D: correta. O kitassato tem o formato do erlenmeyer, mas com paredes mais espessas e um orifício lateral para acoplar a mangueira da bomba de vácuo. Desta forma, opera em conjunto com o funil de Büchner na filtração a vácuo.

**Resposta: letra D**

## Análise gravimétrica (gravimetria)

### Aspectos iniciais, gerais e práticos

Em uma versão anterior da aula, iniciava esse capítulo com a definição sobre gravimetria, mas percebi que ficou pouco palpável para aqueles que nunca tiveram contato com a gravimetria. Portanto, vamos iniciar avaliando um exemplo prático de análise gravimétrica e só depois vamos às definições.



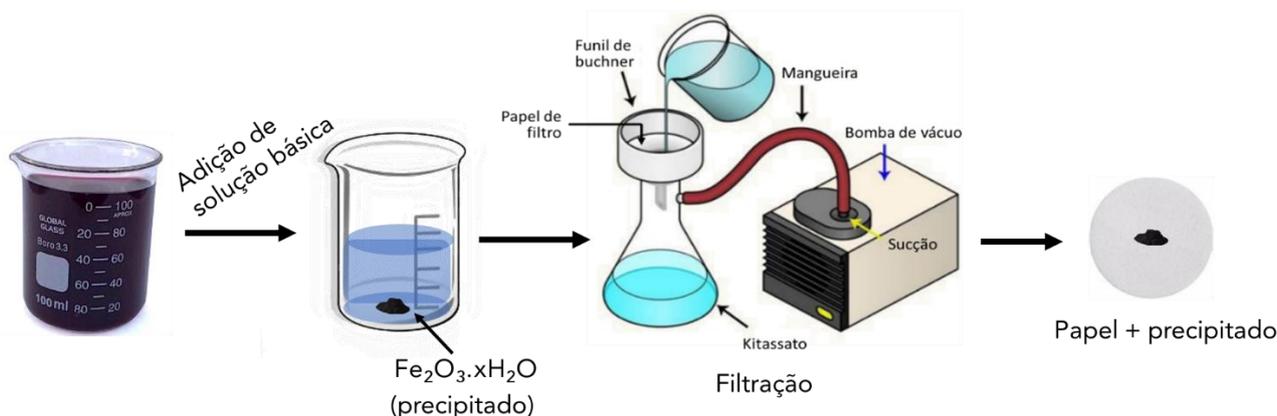


**Exemplo:** Em uma pesquisa de viabilidade de exploração de minério, precisamos avaliar quanto do metal de interesse está presente na rocha. Suponhamos que estejamos interessados na exploração de ferro a partir do minério hematita. Nesse caso, precisamos determinar quanto de ferro está presente no minério. Podemos fazer isso por análise gravimétrica. Vejamos:

Acompanhe cuidadosamente os passos seguindo as etapas ilustradas abaixo. Devemos partir do minério hematita na forma bruta e submetê-lo a um **processo de moagem** (necessária para aumentar a superfície de contato e facilitar as reações subsequentes). Em seguida, foi **pesado 2,0 g da hematita** em um béquer. Adicionou-se uma certa quantidade de **solução de ácido** clorídrico para **dissolver a hematita**.



À solução resultante dos passos anterior, é adicionado solução de hidróxido de sódio suficiente para tornar o pH básico (alta concentração de  $\text{OH}^-$ ). Em pH básico, o **ferro III ( $\text{Fe}^{3+}$ )** em solução **precipita** quase que totalmente (lembre-se, isso acontece porque a constante de solubilidade é baixa nessas condições) na forma de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (Óxido de ferro III hidratado). Esse **precipitado é retido no papel de filtro** durante a filtração. Em muitos casos, realiza-se lavagem [no próprio sistema de filtração], com água pura ou outro solvente adequado, do precipitado para remover impurezas nele aderidas.



E nossa análise gravimétrica ainda não acabou! Transferimos o papel de filtro com o precipitado a um cadinho de porcelana e introduzimos o material em uma mufla a altíssimas temperaturas, **etapa de calcinação**. Com esse aquecimento drástico, todo material orgânico do papel é comburido e expelido na forma de gás, restando no cadinho apenas o composto de ferro que passa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (Óxido de ferro III



hidratado) para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Óxido férrico III) na forma pura, anidra (sem água). O cadinho é então resfriado dentro de um dessecador (etapa necessária visto que o cadinho quente pode danificar a balança), evitando que o material absorva umidade. Por fim, o conteúdo do cadinho ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) é pesado em balança analítica, obtendo nesse caso uma massa de 1,71 g. Ufa! Terminamos. Embora não seja uma análise complicada, já deve ter percebido que ela é pouco operacional (trabalhosa!).



Esse exemplo teve duplo objetivo: (i) entendermos em linhas gerais o experimento da análise gravimétrica; (ii) quantificar o ferro presente no nosso mineral. Falta ainda o segundo objetivo. Para atingi-lo, vamos recapitular alguns dados numéricos:

- ✓ 2,0 g de hematita em pó foram pesadas.
- ✓ 1,71 g de óxido de ferro III ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) foram obtidos ao final do processo.
- ✓ Dados fornecidos ou tabelados: MM ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) = 160 g/mol; MM (Fe) = 56g/mol.

Portanto, podemos realizar o cálculo em dois passos, o primeiro é determinar quanto ferro há no óxido de ferro, conforme regra de três abaixo:

1 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  \_\_\_\_\_ 2 mol de Fe  
 Podemos reescrever a relação acima em termos de massa:

160 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  \_\_\_\_\_ 2 . 56 g de Fe  
 1,71 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (obtida) \_\_\_\_\_ x  
 x = 1,197 g de Fe

Já sabemos quanto de ferro havia em 2,0 g iniciais de hematita em pó. Agora resta calcular qual porcentagem do minério isso representa, como segue:

2,0 g de hematita \_\_\_\_\_ 100%  
 1,197 g de Fe \_\_\_\_\_ y  
 y = 59,85%

Pronto! Entendemos o experimento de uma análise quantitativa gravimétrica e ainda determinamos o teor de ferro no minério hematita analisado.

**Resposta: 59,85% de ferro**



Passado esse exemplo prático inicial, você verá que fica bem mais palpável entender a definição de gravimetria.



A **gravimetria** ou **análise gravimétrica** é um método quantitativo clássico que se baseia na separação e pesagem (quantificação) de um elemento, ou um composto definido de um elemento. Para que essa determinação seja confiável, o elemento ou composto separado deve estar **tão puro quanto possível**.

Em geral, para permitir a quantificação do elemento de interesse na amostra, esse elemento é transformado [por meio de reações químicas conhecidas] em um composto estável e puro que pode ser separado da amostra e quantificado.

Correlacionando o destaque acima com o exemplo anterior, fica tranquilo de entender, não é mesmo? Lá a amostra inicial é o minério de ferro (hematita), na qual queremos quantificar o elemento ferro. Para tanto, preparamos a amostra, em seguida, dissolvemos uma massa dela (pesada em balança) em meio ácido. Adicionamos, em seguida, solução básica para precipitar (um tipo de transformação) o ferro na forma de óxido hidratado. Por fim, retemos o precipitado em papel de filtro (na filtração) e, ao calcinar esse material, obtemos o composto puro óxido de ferro anidro, que pode ser pesado e correlacionado à quantidade de ferro na amostra inicial. Vale lembrar que é importante que o papel de filtro apresente baixo teor de impurezas, sobretudo cinzas, visto que o papel pode ser calcinado junto com o precipitado de interesse. Nessa situação, se houvesse teor considerável de cinzas no papel, isso acarretaria em um erro positivo ao resultado (aumento indevido do teor do analito). Por isso, na gravimetria, em geral, são utilizados papéis de filtro quantitativo que possuem baixo teor de cinzas.

Embora haja exceções, em geral, a análise gravimétrica segue as seguintes etapas:

Precipitação do analito → filtração e lavagem do precipitado →  
→ aquecimento e/ou calcinação → pesagem do composto final obtido

Um "ator principal" na gravimetria é o precipitado formado. Por isso, as suas características serão determinantes para a qualidade desse tipo de análise. Portanto, você precisa estar atento às **características desejáveis para o precipitado**:

- ✓ **Baixa solubilidade.** Permite que a sua separação da solução seja efetiva. Se 1% do composto precipitado está solúvel, nossa recuperação máxima será de 99%. Se, por outro lado, apenas 0,01% está na forma solúvel, a recuperação passa para o patamar de 99,99%, ou seja, maior exatidão do método. O ideal é que a precipitação seja o mais próximo possível de 100%. Embora esse patamar não possa ser atingido, como a solubilidade de alguns compostos é extremamente baixa, é coerente considerar (arredondar) que a precipitação ocorreu a 100%.



- ✓ **De fácil recuperação por filtração.** Precipitados muito finos podem acabar atravessando a malha do papel de filtro, o que acarreta em aumento do erro da análise (menor recuperação). Essa perda depende não só da característica do precipitado, mas também da qualidade do papel de filtro.
- ✓ **Ser estável (não reativo) na presença de água e também de ar.** Caso contrário a pureza do composto separado irá diminuir nas etapas da análise, acarretando em erros no resultado final.
- ✓ **O analito deve corresponder a uma pequena fração do precipitado.** Essa característica é muito importante para melhorar a reprodutibilidade (menor desvio padrão) da análise, pois resulta na obtenção de maiores massas do precipitado. Como assim? Vamos a um paralelo: (1) método que o elemento de interesse corresponde a 3% da massa total do precipitado; (2) método que o elemento de interesse corresponde a 30% da massa total do precipitado. Se, em ambos os casos, foi separado 100 mg do elemento, então, no método 1, a massa do precipitado será de 3,333 g; no método 2, a massa de precipitado será de apenas 0,333 g. De certo, a pesagem de uma massa maior (método 1) garantirá maior reprodutibilidade do método.

Você leitor atento já deve ter notado que a análise gravimétrica é pouco operacional. Sim, essa é uma das suas principais desvantagens e como a comparação entre técnicas pode aparecer em provas, listo abaixo as principais vantagens e desvantagens da gravimetria:

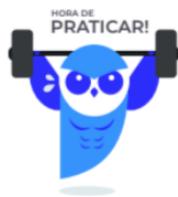
#### Vantagens:

- ✓ **Método absoluto de análise.** Não depende de outros padrões para realizar uma quantificação relativa a eles.
- ✓ **Elevada exatidão,** sobretudo pela elevada precisão das principais balanças analíticas utilizadas em laboratório;
- ✓ Há testes adicionais que indicam se a transformação do elemento (por ex: precipitação) foi efetiva e livre de impurezas (interferentes), conferindo **maior confiança analítica (possibilidade de controlar seus erros);**
- ✓ **Técnica de baixo custo,** visto que faz uso de aparelhos de baixo custo, normalmente disponíveis em todos os laboratórios (balança, estufa, mufla, bomba de vácuo, filtros, kitassato, vidrarias em geral).

#### Desvantagens:

- ✓ **Pouco operacional,** pois seu procedimento envolve várias etapas. Essa característica é associada aos métodos clássicos de análise: gravimetria e titulometria (volumetria). Em laboratórios com alta demanda e baixo valor agregado dos ensaios (ex: laboratório de controle de qualidade, laboratório clínicos), fica inviável a sua aplicação, pois elevaria demasiadamente o custo de mão-de-obra qualificada. Por isso mesmo, nesses casos, são utilizados os métodos instrumentais de análise que possibilitam a automatização de uma boa parte da análise; e
- ✓ **Geração de resíduos.** Embora os métodos gravimétricos demandem pouco investimento, eles acabam demandando um maior consumo de reagentes químicos, pois se baseiam na transformação química do elemento de interesse. Por isso, esses métodos geram um maior quantidade de resíduos químicos, muitos deles tóxicos, a depende do método analítico.





(Instituto Acesso - Professor Ensino Regular 20 horas/Química - SEDUC/AM - 2018) Para a determinação de enxofre em uma amostra de fertilizante, o analista adotou o método gravimétrico, em que o enxofre é convertido à sulfato de bário:

- ✓ Utilizando uma balança analítica, foram pesados 3,0000 g da amostra em um becker de 400 mL;
- ✓ A amostra foi submetida a aquecimento, em chapa aquecedora, juntamente com 125 mL de KOH 50 g.L<sup>-1</sup> em álcool etílico. A amostra foi deixada em fervura constante por 10 minutos e então foi adicionado 50 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%;
- ✓ Em seguida, as amostras foram resfriadas e filtradas em filtro de porosidade média. O filtrado foi recolhido em um becker de 250 mL, aquecido até a fervura por uma hora;
- ✓ Após as etapas de extração foram adicionados 10 mL de HCl concentrado ao líquido resultante. Em seguida, foi adicionado Cloreto de Bário, cobrindo o becker com vidro de relógio e aquecido a 80-90°C por uma hora.
- ✓ Após isto, este foi resfriado e filtrado, utilizando-se um papel de filtro quantitativo, lavando o precipitado com água destilada à quente;
- ✓ O papel de filtro com o precipitado foi transferido para um cadinho, levado a mufla à 800°C durante 1 hora;
- ✓ O cadinho com o sólido formado foi levado a um dessecador para resfriar à temperatura ambiente e o sólido foi então pesado. A massa do sólido final obtido foi de 0,9200 g.

Baseado nos dados apresentados, o teor de enxofre na amostra de fertilizante é de, aproximadamente:

- A) 1,9%
- B) 3,3%
- C) 2,6%
- D) 4,0%
- E) 1,2%

#### Comentários:

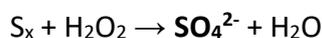
Questão muitíssimo interessante por exigir não só sobre conhecimentos estequiométricos a cerca da análise gravimétrica, mas também sobre detalhes experimentais desse tipo de análise. Como o detalhamento experimental trazido no enunciado é extenso, vou destacar os principais pontos que nos levarão à resposta correta. Beleza?

De início, não sabemos de que forma o enxofre se encontra em nossa amostra (orgânico, inorgânico, substância simples, substância composta, etc), mas isso, em geral não vai importar na maioria dos casos. O



que é importante naquele início de procedimento é anotar a massa de amostra considerada: **3,000 g de amostra**.

Em geral, a etapa a seguir consiste em uma simples solubilização da amostra que, nesse caso, foi realizada em meio básico (solução KOH 50 g.L<sup>-1</sup>). Em seguida é apresentado um detalhe importante, a adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% que é um agente oxidante. Diante disso, podemos identificar a seguinte reação genérica:



Na reação acima, não vou me preocupar com balanceamento, pois só é necessário visualizarmos que o enxofre [independente da forma em que estivesse] foi transformado em sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

No estudo sobre os principais agentes precipitantes utilizados em gravimetria, aprende-se que o Cloreto de Bário é utilizado para precipitar sulfato na forma BaSO<sub>4(s)</sub>. Esse composto é separado, então, por filtração e calcinado para se obter a sua forma anidra, obtendo ao final uma **massa de 0,9200 g de BaSO<sub>4</sub>**.

Com base nos dados destacados até aqui, podemos determinar a quantidade de enxofre na amostra por meio de relações estequiométricas. Vejamos:

$$1 \text{ mol de BaSO}_4 \text{ _____ } 1 \text{ mol de S (visto que há apenas 1 átomo em BaSO}_4\text{)}$$

No entanto, nossos dados estão em massa, então simplifica os cálculos se modificarmos a relação acima para valores em grama. Para tanto, basta utilizarmos as massas molares de BaSO<sub>4</sub> e do S. Veja:

$$\begin{array}{r} 233 \text{ g de BaSO}_4 \text{ _____ } 32 \text{ g de S} \\ 0,92 \text{ de BaSO}_4 \text{ (massa obtida) _____ } x \\ \hline x = \mathbf{0,126 \text{ g}} \end{array}$$

Agora que sabemos quanto de enxofre em gramas havia na minha amostra inicial, podemos determinar o seu teor com base na seguinte regra de três:

$$\begin{array}{r} 3,0 \text{ g de amostra _____ } 100\% \\ 0,126 \text{ g de S _____ } y \\ \hline y = \mathbf{4,2 \%} \end{array}$$

Portanto, o teor de enxofre na amostra é de aproximadamente 4,2%.

**Resposta: letra D**

## Classificação dos métodos gravimétricos

Até aqui falamos essencialmente sobre a gravimetria baseada na precipitação do analito, por motivos óbvios, é o tipo mais comum e também aquele que corresponde à maioria massiva das questões de prova. No entanto, dentre os métodos gravimétricos, entenda que há outras possibilidades para se realizar a separação entre o analito e a amostra inicial, algumas das formas de separação são, frequentemente, utilizadas e dão nome aos diferentes tipos de gravimetria. Vejamos no destaque abaixo.



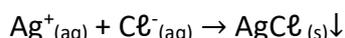


## Tipos de gravimetria

### 1. Gravimetria por precipitação

Essa é a forma mais comum de análise gravimétrica, na qual o analito é precipitado<sup>1</sup> da solução contendo a amostra por um agente precipitante. Para atingir resultados muito bons, é importantíssimo que o precipitado formado seja muito pouco solúvel para não haver perdas e interferir diretamente no resultado. Após a precipitação, o precipitado é filtrado (solução é passada por um papel filtro, em que o sólido insolúvel é retido), lavado, seco e pesado.

Nesse tipo de gravimetria, temos a transformação do analito em outro composto mais estável e puro. Um clássico exemplo que ilustra esse tipo de análise é a determinação da prata por meio da precipitação do cloreto de prata.

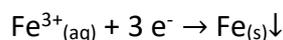


### 2. Gravimetria por volatilização

O analito é convertido em um gás de composição conhecida e, desta forma, é separado da amostra. A partir da massa do gás, tem-se os dados para a determinação do analito na amostra. Podemos citar como exemplo a determinação de água (teor de umidade) e de dióxido de carbono.

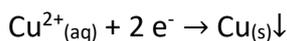
### 3. Gravimetria por eletrodeposição ou eletrogravimetria

Neste, a separação do analito da amostra se dá pela deposição do analito em um eletrodo, após o uso de corrente elétrica, do mesmo modo que se estuda em eletrólise. Essa deposição consiste em passar o metal da forma iônica (positiva), em solução, para a forma metálica (NOX = 0), o qual se deposita na superfície do eletrodo. Nesse processo o íon metálico ganha elétrons e, por isso, dizemos que ele sofre redução. Uma vez separados, o analito é pesado e os cálculos estequiométricos são realizados. Ex:



<sup>1</sup> Formação de composto sólido insolúvel que segue para o fundo da solução, quando essa encontra-se em repouso.





#### 4. Gravimetria por extração

Assim como nos outros tipos de análise gravimétrica, o nome desse é bem intuitivo. Aqui a separação entre analito e amostra é feita por meio de extração (líquido:líquido) em balão de destilação ou líquido:sólido. Da mesma forma, ao final, o analito é pesado e os cálculos são feitos. Caso não se lembre exatamente do procedimento de extração, adicionei um quadro abaixo como revisão.

**ATENÇÃO:** compreenda bem a associação entre o tipo de reação e o nome da gravimetria, pois, embora seja um aspecto simples, esse aspecto é bastante cobrado em prova.

Como falamos da gravimetria por extração, apresento abaixo uma rápida revisão sobre o processo de extração, apenas para uma maior familiarização com o termo técnico.



**Extração líquido:líquido:** método de separação por meio da transferência de um soluto, presente em uma fase, para uma outra fase. Em um sistema em que as duas fases são líquidas (líquido-líquido), um pré-requisito é que os dois líquidos sejam imiscíveis (não se misturam) para que, após a agitação necessária para promover a extração do soluto, seja possível a separação dos dois líquidos em um balão de separação, por exemplo. Em geral, temos uma fase aquosa (formada predominantemente por água, que é polar) e uma fase orgânica (solvente orgânico, que é apolar), os quais se comportam como fases imiscíveis.

O balão de separação contendo dois líquidos imiscíveis está ilustrado abaixo.



infoescola.com (2018)



Balão de separação, também conhecido como funil de separação, contendo duas fases líquidas imiscíveis.



(UFU-MG - Técnico de Laboratório - Química - UFU-MG - 2016) As análises químicas compõem importante etapa dos processos realizados em laboratórios. Vários são os métodos utilizados para essas análises cujos fundamentos diferenciam-se pela técnica, procedimento, organização da amostra e coleta dos resultados. Entre esses métodos, é possível detectar quantitativos em amostras pela pesagem de um composto na forma mais pura possível, envolvendo a transformação do composto que se pretende analisar em outro pouco solúvel ou insolúvel. Esse método analítico é conhecido como:

- a) Gravimetria por Precipitação.
- b) Potenciometria.
- c) Voltametria Cíclica.
- d) Espectroscopia de Absorção Molecular.

**Comentários:**

Dentre as técnicas abordadas, a gravimetria destaca-se por ser um método quantitativo que tem como fundamento a pesagem de compostos. O tipo de gravimetria em questão fundamenta-se na separação de amostra e analito a partir da formação de um precipitado da solução contendo a amostra. O precipitado formado deve ser pouco solúvel ou insolúvel para que não haja perdas e, desta forma, o resultado tenha maior exatidão.

**Resposta: letra A**

(Máxima - Controlador de Qualidade de Água/ Esgoto - SAAE de Aimorés - MG - 2016) A técnica de precipitação é amplamente utilizada na química analítica. Os métodos gravimétricos são quantitativos e se baseiam em medidas de massa. Sobre a gravimetria, todas as alternativas estão corretas, EXCETO:

- a) Na gravimetria por precipitação, o analito é separado de uma solução na forma de um precipitado e é convertido a uma espécie de composição conhecida que pode ser pesada.
- b) No método gravimétrico por volatilização, o analito é isolado dos outros constituintes da amostra pela conversão a um gás de composição química conhecida. O peso desse gás serve então como uma medida da concentração do analito.
- c) Quando o analito é separado pela deposição em um eletrodo por meio do uso de uma corrente elétrica, denomina-se espectrometria de massas atômicas.
- d) No caso da titulação gravimétrica, a massa do reagente, de concentração conhecida, requerida para reagir completamente com o analito é a medida necessária para quantificação.

**Comentários:**

Letra A: correta. Na gravimetria, o método de separação do analito da amostra será decisivo para o nome do tipo de análise gravimétrica. Na gravimetria por precipitação, tem-se que o analito será separado da amostra



por meio de uma reação de precipitação e o precipitado obtido será retido em papel de filtro (filtragem), em seguida, será seco e por fim, pesado.

**Letra B: correta.** Um dos exemplos deste tipo de gravimetria é a determinação de água em dióxido de carbono.

**Letra C: incorreta.** Na verdade, denomina-se gravimetria por eletrodeposição ou eletrogravimetria.

**Letra D: correta.** Diferentemente da volumetria, a titulação gravimétrica é baseada na massa e não no volume.

**Resposta: letra C**

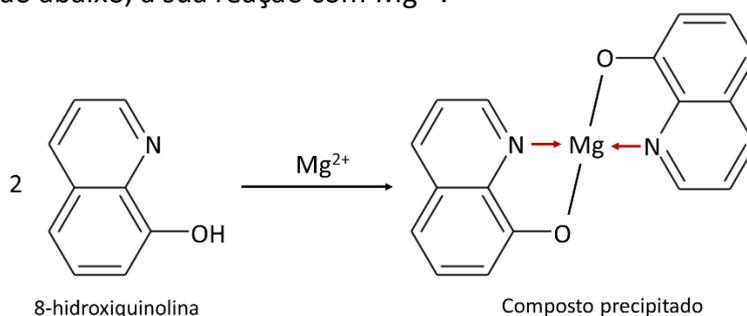
## Agentes precipitantes e o processo de precipitação

Outro protagonista dos métodos gravimétricos são os **agentes precipitantes**, aqueles responsáveis pela precipitação do elemento de interesse (analito) da amostra. Esses agentes precipitantes podem ser inorgânicos como orgânicos. Na tabela abaixo destaco alguns **agentes precipitantes inorgânicos**.

Agente precipitante	Analitos (precipitado formado)
HCl, ácido clorídrico	Ag (AgCl), Hg (Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S, sulfeto de amônio	Hg (HgS), Co (Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , ácido oxálico	Ca (CaO), Sr (SrO), Th (ThO <sub>2</sub> )
HNO <sub>3</sub> , ácido nítrico	Sn (SnO <sub>2</sub> )
BaCl <sub>2</sub> , cloreto de bário	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (BaSO <sub>4</sub> )

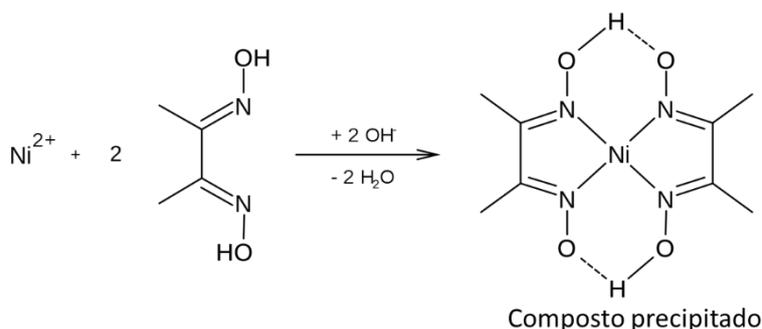
Os agentes precipitantes orgânicos apresentam, em geral, maior seletividade (capacidade de reagir com o analito sem reagir com possíveis interferentes presentes). Dois agentes precipitantes orgânicos muito utilizados:

- ✓ **8-hidroxiquinolina:** aplicado para análise gravimétrica de mais de 20 cátions. Sua seletividade é controlada pela faixa de pH do meio reacional, que pode ser controlada pela utilização de soluções tampão. Veja na reação abaixo, a sua reação com Mg<sup>2+</sup>.



- ✓ **Dimetilglioxima (DMG):** seletivo para precipitação de Pd e Ni (mais utilizado). Com o Pd forma complexo amarelo pouco estável. Com o Ni, forma complexo muito estável de cor vermelho claro, conforme ilustrado abaixo.





Coloração formada

en.wikipedia.org (2020)

ESCLARECENDO!



Você deve estar começando a se preocupar com a quantidade de agentes precipitantes, nomenclaturas e suas aplicações, a serem memorizados. Então, acho pertinente lhe fornecer alguma orientação nesse sentido, ainda mais que o professor que vos fala tem péssima memória. Entendo que é necessário conhecer apenas os principais agentes precipitantes, os quais apresentei até aqui. Há uma diversidade de outros agentes precipitantes, mas, em geral, o enunciado irá lhe fornecer o nome dele e também o precipitado formado. Nesses casos, o seu conhecimento geral sobre procedimentos envolvidos na análise gravimétrica será suficiente. No entanto, **fica a dica**: observe atentamente o seu edital, se ele prever explicitamente algum método gravimétrico específico, então, para esse, você deverá conhecer o agente precipitante, analito e condições necessárias para precipitação (solvente, pH, noção geral do procedimento).

Como consulta, apresento uma tabela resumo com vários analitos, precipitado formado e precipitado pesado. Quando o precipitado é diferente do composto pesado significa que já uma transformação, por exemplo, na etapa de calcinação. Essa tabela não deve ser decorada, apenas utilizada como consulta.



Tabela - Alguns elementos determinados por gravimetria<sup>2</sup>

substância analisada	precipitado formado	precipitado pesado	interferências
Fe	Fe(OH) <sub>3</sub> Fe cupferrato	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al, Ti, Cr e muitas outras metais tetravalentes
Al	Al(OH) <sub>3</sub> Al(ox) <sub>3</sub> <sup>a</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Al(ox) <sub>3</sub>	Fe, Ti, Cr e muitas outras idem. Mg não interfere em soluções ácidas
Ca	CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub> ou CaO	todos os metais exceto alcalinos e Mg
Mg	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	todos os metais exceto alcalinos
Zn	ZnNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Zn <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	todos os metais exceto Mg
Ba	BaCrO <sub>4</sub>	BaCrO <sub>4</sub>	Pb
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	BaSO <sub>4</sub>	BaSO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cl <sup>-</sup>	AgCl	AgCl	Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , SCN <sup>-</sup> , CN <sup>-</sup> , S <sub>2</sub> <sup>2-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Ag	AgCl	AgCl	Hg(I)
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	MgNH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , K <sup>+</sup>
Ni	Ni(dm g) <sub>2</sub> <sup>b</sup>	Ni(dm g) <sub>2</sub>	Pd

<sup>a</sup>ox = oxina (8-hidroxiquinolina) com 1 H<sup>+</sup> removido

<sup>b</sup>dm g = dimetildioxima com 1 H<sup>+</sup> removido

Por fim, vale a pena discutirmos um pouco sobre o processo de precipitação. Já sabemos, por exemplo, que baixa solubilidade (praticamente insolubilidade) dos sais é desejável e que, além disso, grânulos maiores facilitam a recuperação do precipitado. Outro aspecto a ser observado é que o precipitado precisa estar livre de impurezas para uma quantificação mais exata.

Uma excelente estratégia para melhorar a eficiência da **precipitação** é realizá-la em **solução homogênea**, ou seja, dissolver o analito em um solvente antes promover a sua precipitação. Com essa estratégia se obtém melhores separações, pois há a formação de partículas cristalinas grandes (de fácil recuperação por filtração), resultando também em precipitados mais puros.

Outra estratégia útil para melhorar a precipitação que é utilizada em conjunto com a precipitação em solução homogênea, é **mistura de soluções diluídas, com adição lenta sob agitação, evitando a supersaturação** do sistema (concentrações muito acima da solubilidade do composto precipitado). Nesse mesmo sentido, pode se evitar a supersaturação do sistema por meio do **aquecimento da solução**, melhorando também desta forma o processo de precipitação. Por fim, realiza-se o resfriamento da solução para obter o precipitado.

Vale lembrar que o processo de precipitação (nucleação) pode ocorrer de forma (i) **espontânea**, em que as partículas insolúveis vão se unindo para formas sólidos maiores que se tornam pesado e precipitam; e (ii) **induzida**, em que é adicionado, à solução contendo o analito, um pequeno cristal (germe) de mesma

<sup>2</sup> Disponível em: [http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/quimica\\_geral/Gravimetria.pdf](http://www2.dracena.unesp.br/graduacao/arquivos/quimica_geral/Gravimetria.pdf). Acessado em 12, mar., 2020.



composição do composto precipitado, o que vai fazer com o que o precipitado se forme na superfície do germe.

A **coprecipitação** e **pós-precipitação** são os principais motivos de contaminação dos precipitados. A **coprecipitação** corresponde a precipitação de outros compostos (interferentes) juntamente com o precipitado de interesse, os quais nem sempre são facilmente retirados por lavagem do precipitado. Já a **pós-precipitação** é resultado do envelhecimento da solução em contato com o precipitado, pois, com o tempo, outras substâncias podem precipitar sobre o precipitado inicial.



(CESPE - Perito Criminal Federal - DPF - 2013) Tendo em vista que, apesar da grande variedade de métodos instrumentais disponíveis atualmente, diversos métodos clássicos ainda persistem como métodos padrão para diversas análises, a exemplo da gravimetria, julgue o item que se segue, relativos à análise gravimétrica e aos fatores que a influenciam.

**Nucleação e peptização são processos que favorecem a obtenção de precipitados com maior tamanho de partícula, o que facilita a filtração em gravimetria.**

#### Comentários:

Questão relativamente difícil, pois cobra pormenores do processo de precipitação, abordagem rara em provas de concurso. Aqui devemos nos atentar que a **nucleação** é o processo inicial em que um número pequeno de partículas se une. Se a nucleação predominar, teremos formação de grânulos pequenos, o que é ruim para separação desse precipitado por filtração, quando é preferível cristais maiores.

Devemos lembrar também que a **formação de colóides** é um processo que ajuda na formação de cristais maiores, visto que neles são agregados um número de partículas bem maiores. No entanto, a **peptização** pode interferir negativamente visto que corresponde ao retorno de um colóide coagulado ao seu estado disperso.

#### Resposta: errado

(IMA – Químico – Prefeitura Municipal de Caxias/MA - 2018) Marque a alternativa correta:

- A) Para efetuar uma análise gravimétrica, não podemos ter a formação de um precipitado.
- B) A análise gravimétrica ou gravimetria é um método analítico quantitativo cujo processo envolve a separação e pesagem de um elemento ou um composto do elemento na forma mais pura possível.
- C) A gravimetria engloba uma variedade de técnicas, em que a maioria envolve a transformação do elemento ou composto a ser determinado num composto impuro e instável e de estequiometria indefinida, cuja massa é utilizada para estabelecer a qualidade do analito original.
- D) Em uma análise gravimétrica, não podemos utilizar cadinho de porcelana, papel filtro, funil e balança.

#### Comentários:



Letra A: incorreta. A formação do precipitado a partir do elemento de interesse (analito) é justamente uma etapa necessária para métodos gravimétricos, o qual é geralmente, em seguida, separado por filtração, calcinado e finalmente pesado.

Letra B: correta. Traz uma correta definição sobre a análise gravimétrica.

Letra C: incorreta. Na gravimetria, temos a transformação do elemento ou composto a ser determinado num composto puro, estável e estequiometria definida e não impuro e instável conforme mencionado.

Letra D: incorreta. Todos esses aparatos laboratoriais são normalmente utilizados em métodos gravimétricos de análise.

**Resposta: letra B**

## Curva de aquecimento

Um importante parâmetro experimental dos métodos gravimétricos é a temperatura de calcinação. *Como ela é escolhida (definida)?*

Para responder a essa pergunta, devemos lembrar que na calcinação o composto de interesse é transformado (convertido) em outra forma mais pura e estável que seja passível de pesagens confiáveis. Por exemplo, um óxido hidratado genérico  $MO_2 \cdot xH_2O$  (em que X é um metal qualquer) pode ser convertido na sua forma anidra  $MO_2$ , que tem fórmula química mais bem definida e apresenta boa estabilidade. Por isso, a escolha da temperatura deve estar em um intervalo de temperatura confiável que garanta que haja somente um composto com fórmula química definida e constante. Sabendo disso, incorremos em outra dúvida: como encontrar temperatura(s) que respeitem essa condição? Por meio da chamada curva de aquecimento.

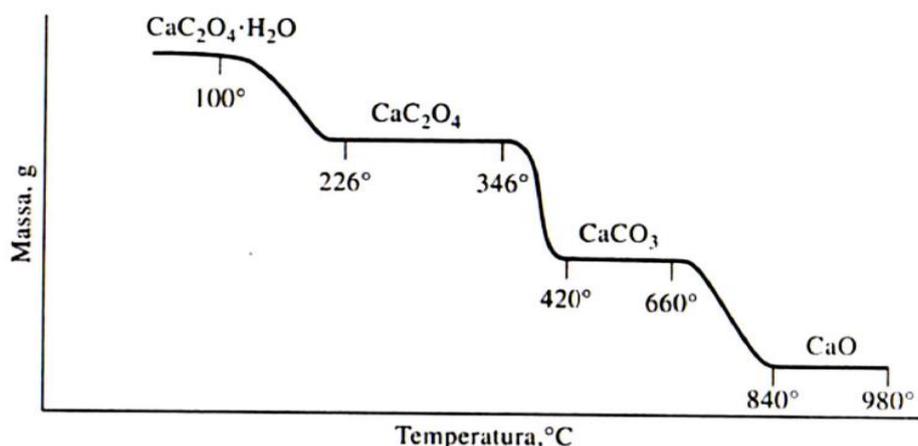


A **curva de aquecimento** é um gráfico obtido por meio de uma análise instrumental (realizada em instrumento analítico) chamada análise termogravimétrica (TGA) que corresponde a variação da massa da amostra (perda ou ganho) em função do aumento gradual da temperatura ao longo do tempo (programação controlada de temperatura).

Nesse gráfico, toda vez que a massa alcança um patamar constante ao longo do tempo e/ou temperatura significa que estamos diante de um composto com fórmula química definida e constante. Ao analisar o gráfico abaixo de calcinação (decomposição) do oxalato de cálcio hidratado ( $CaC_2O_4 \cdot H_2O$ ) notamos que temos vários patamares constantes de massa que podem ser escolhidos como intervalos de temperatura para uma análise gravimétrica, já que esses patamares garantem que haja somente uma única substância presente. Na faixa entre 226 e 346°C, temos fórmula química constante como  $CaC_2O_4$ . Em

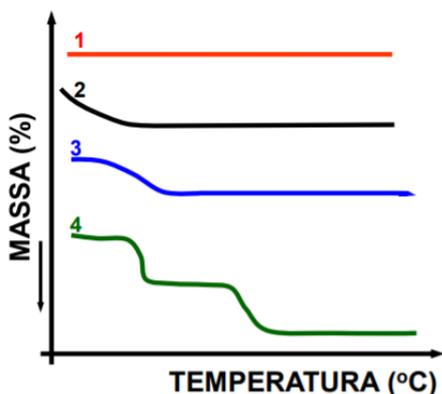


geral, são preferíveis fórmulas mais simples como CaO, pois com o aumento da temperatura é mais provável a eliminação (calcinação) de interferentes. Por outro lado, o aquecimento demasiado incorre em maior tempo de análise. Por isso, estudos de otimização de métodos são realizados antes de se propor e validar um método, visando, em geral, confiabilidade e também maior operacionalidade.

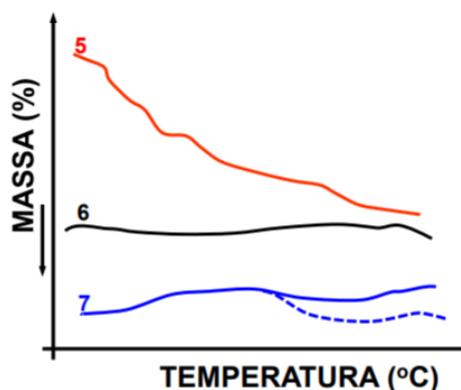


Curva de aquecimento para estabelecimento das condições necessárias para produzir forma pura para determinação gravimétrica de uma espécie<sup>3</sup>

A curva de aquecimento pode inclusive nos indicar se o composto obtido é um composto puro, também chamado de precipitado analítico, ou se é uma mistura que não apresenta comportamento de precipitado analítico, conforme ilustrado no paralelo abaixo.



Apresentam comportamento de precipitados analíticos (substâncias puras sendo decompostas)



Não apresentam comportamento de precipitados analíticos<sup>4</sup>

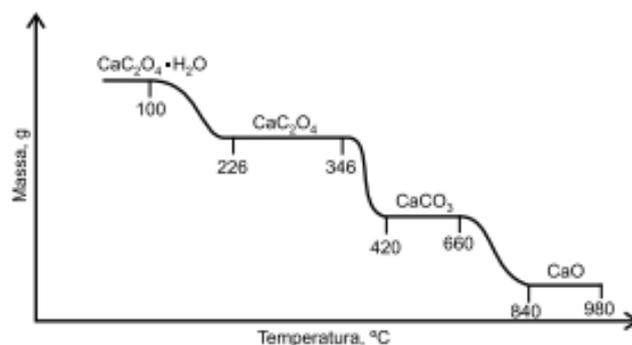
<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.ufjf.br/quimica/files/2016/08/Aula-an%C3%A1lise-t%C3%A9cnica-REVISADO.pdf>. Acessado em 13, mar. de 2020.

<sup>4</sup> Figuras disponíveis em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4115041/mod\\_resource/content/1/TG-DTG-aplica%C3%A7%C3%B5es%20-%20GABRIELb.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4115041/mod_resource/content/1/TG-DTG-aplica%C3%A7%C3%B5es%20-%20GABRIELb.pdf). Acessado em 13, mar., 2020.





(VUNESP - Tec. de Lab. - UFABC - 2019) Considere a curva térmica a seguir.



(<https://slideplayer.es/slide/6144869/>)

A escolha da temperatura de calcinação na análise gravimétrica leva em conta a conversão do analito em uma forma de pesagem conhecida e estável. Analisando a curva térmica para o oxalato de cálcio hidratado, a calcinação a 500 °C, até que não se observe variação de massa, leva à formação de

- A) mistura de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  e  $\text{CaCO}_3$
- B) mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaO}$
- C)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$
- D)  $\text{CaCO}_3$
- E)  $\text{CaO}$

#### Comentários:

Cada patamar constante de massa na curva de aquecimento indica a obtenção de uma fórmula química definida e constante. Como 500° C está contida no intervalo 420-660°C, temos, segundo o gráfico, nessa faixa o composto  $\text{CaCO}_3$ . Vale lembrar que as misturas só estarão presentes nos intervalos que há variação de massa no gráfico, ou seja, em que está ocorrendo a transformação de um composto em outro.

**Resposta: letra D**

## Pesagem na gravimetria

De longe, a pesagem é a medição mais crítica nos métodos gravimétricos, pois influi diretamente no resultado da análise. E o equipamento utilizado para este fim é a balança. Por isso, nesta seção, vamos discutir brevemente sobre as diferenças entre os tipos de balança (balança semi-analítica, analítica, microbalança) além dos cuidados que devem ser tomados para a sua conservação e utilização.





## Tipos de balança

As principais diferenças entre os tipos de balanças são seu grau de precisão e capacidade analítica:

- **Balança semianalítica:** mede com até 3 casas decimais (0,005 g, por exemplo) e apresenta modelos com capacidade máxima entre 320g e 1kg;
- **Balança analítica:** mede com 4 casas decimais (0,0005 g, por exemplo) e apresenta, em geral, modelos com capacidade máxima entre 110g e 220g;
- **Balanças microanalíticas (microbalança):** mede com 6 casas decimais (0,000001 g, por exemplo) e apresenta, em geral, capacidade máxima inferior a 30g.

Observe que a balança analítica e microbalanças promovem maior proteção à amostra, evitando que algumas instabilidades (ex: corrente de ar) externas comprometam o resultado aferido.



Balança semi-analítica



Balança analítica



Microbalança

Vamos falar agora sobre o uso e conservação da balança. A fim de prolongar a vida útil dos equipamentos e aparelhagens, sem dúvidas alguns cuidados fundamentais devem ser tomados. A manutenção preventiva auxilia não só na prevenção contra falhas e quebra, como também contribui para a conservar a precisão do equipamento.

Dito isto, vamos iniciar nossos estudos abordando os cuidados gerais que devem ser tomados e em seguida, apresento uma tabela com os cuidados específicos para balanças, certo?

Antes de começarmos, devo avisá-los que não trataremos passo a passo o uso dos equipamentos, além de nos ocupar certo tempo, não considero muito proveitoso. Vamos focar nos cuidados principais que devem ser tomados durante o uso, ok?





### Cuidados gerais com os equipamentos

É muito importante que antes do manuseio de qualquer aparelhagem, o usuário deve ter sido instruído e orientado sobre o funcionamento e conservação, a fim de evitar danos físicos e materiais.

- 1) Limpar corretamente e periodicamente;
- 2) Seguir as instruções do fabricante;
- 3) Inspeccionar os equipamentos regularmente, aplicando manutenção e calibração quando necessário;
- 4) Guardar os equipamentos adequadamente a fim de impedir quebras ou perdas;
- 5) Não usar extensões elétricas para ligar equipamentos de uso permanente, como estufas e refrigeradores;
- 6) Se possível, empregar filtros de linhas em equipamentos elétricos mais sensíveis, a fim de evitar sobrecarga;
- 7) Apenas pessoas treinadas e qualificadas podem consertar os equipamentos.

Equipamento	Quais cuidados devo tomar?
Balança	Verificar se a balança está desnivelada; Evitar impactos sobre o prato; Não ultrapassar o limite de carga suportado pela balança; Evitar cargas com descentralização excessiva; Não deslocar a balança frequentemente; Não utilizar água na limpeza da balança, apenas pano úmido, sabão neutro ou álcool, mas a limpeza pode ser feita com um pincel também; Não deixar a carga no prato da balança por longos períodos; Nunca pesar diretamente sobre o prato da balança, sempre utilizar recipientes adequados; Para líquidos voláteis e sólidos higroscópicos, pesar em recipientes fechados; Nunca apoiar objetos ou a mão no prato da balança; Evitar o uso de celulares e imãs próximo à balança, pois campos eletromagnéticos podem danificá-la.





**(IDECAN - Técnico em Química - CNEN - 2014) Para usar corretamente a balança analítica, deve-se adotar as seguintes precauções:**

- I. Proteger a balança contra a corrosão. Os objetos a serem colocados sobre o prato, para receber o material a ser medido, devem ser limitados a metais inertes, plásticos inertes e materiais vítreos.
- II. Manter a balança e seu gabinete sempre, meticulosamente, limpos. Um pincel feito de pelos é útil na remoção de material derramado ou poeira. Nunca se deve deixar um material que, acidentalmente, tenha caído na balança permanecer em contato com ela por muito tempo. Limpar imediatamente.
- III. Sempre deixar o objeto que tenha sido aquecido retomar à temperatura ambiente antes de pesá-lo.
- IV. Utilizar uma pinça para prevenir a absorção da umidade dos dedos por objetos secos.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I, II, III e IV.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) III e IV, apenas.
- e) I, II e IV, apenas.

**Comentários:**

Afirmiação I: correta. A proteção do prato da balança é muito importante, pois, além de conservar e aumentar a vida útil do equipamento, evita interferências sobre a pesagem.

Afirmiação II: correta. Além do pincel, a limpeza pode ser feita com pano úmido, sabão neutro ou álcool.

Afirmiação III: correta. Além deste cuidado, é um bom momento para reafirmar que líquidos voláteis e sólidos higroscópicos precisam ser pesados em recipientes fechados.

Afirmiação IV: correta. Outro cuidado que também deve ser levado em consideração, é o uso da pinça ou de uma luva para evitar o contato direto das mãos com a vidraria ou papel filtro a ser pesado.

**Resposta: letra A**

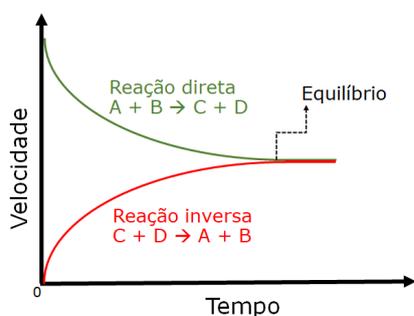


## PRINCIPAIS PONTOS DO TÓPICO

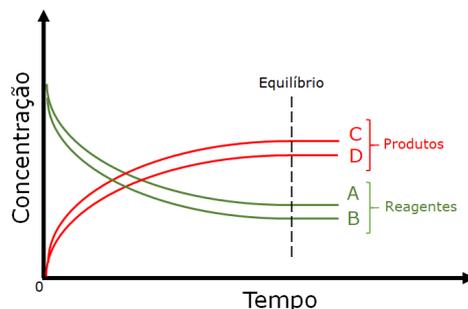
### Equilíbrio químico (revisão)

Na maioria das vezes, as reações se dão nos dois sentidos (**bidirecionais**),  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . No início da reação não haverá produtos (C e D) e as concentrações de A e B serão altas. Desta forma, a velocidade da reação no sentido de formação dos produtos (seta para direita, **reação direta**),  $v_1$ , será alta, consumindo os reagentes (A e B), ou seja, diminuindo suas concentrações. À medida que C e D começam a ser formados, surge uma velocidade de reação  $v_2$  no sentido de formação dos reagentes A e B (seta para esquerda, **reação inversa**). Entretanto, a concentração de C e D ainda é baixa e, por isso,  $v_1$  é muito maior que  $v_2$ . A reação continua, a concentração dos produtos aumenta de modo que  $v_2$  aumenta. Por fim, a reação atinge um ponto denominado de **estado de equilíbrio**, no qual a velocidade de formação dos reagentes é igual a velocidade de formação dos produtos, ou seja,  $v_1 = v_2$ .

### Análise gráfica do equilíbrio



Comportamento das velocidades das reações direta e inversa até o equilíbrio



Comportamento das concentrações dos produtos e dos reagentes até o equilíbrio

**Fique atento:** o estado de equilíbrio não é uma condição estática, mas sim dinâmica, pois reagentes e produtos estão sendo formados ao mesmo tempo.

**Constante de equilíbrio** para a reação  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ :

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

No cálculo de **constante de equilíbrio químico**, lembre-se das seguintes regras:

1. A concentração das espécies químicas deve estar em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , mas sua unidade será omitida;
2. As concentrações dos gases devem ser expressas em bar;
3. Sólidos, líquidos e solventes são omitidos.

**Observação:** quanto maior for o K, mais favorável será a reação, ou seja, mais o equilíbrio será deslocado em direção de formação de produtos.



## Princípio de Le Châtelier

**Enunciado:** Caso seja realizada uma perturbação em um sistema em equilíbrio, alterando concentrações, temperatura ou pressão, o sistema reagirá se deslocando no sentido de diminuir ou anular essa perturbação.

**Alteração de concentração:** Imagine que seja retirada parte dos produtos (C e D) do sistema. A reação irá se deslocar no sentido de formação de mais produto (seta para direita) a fim de reequilibrar o sistema. Da mesma forma, se for retirado os reagentes ou diminuída suas concentrações, então a reação se deslocará no sentido dos reagentes (seta para esquerda).

### **Alteração de temperatura:**

Reação exotérmica: Reagentes  $\rightleftharpoons$  Produtos + Calor

Reação endotérmica: Calor + Reagentes  $\rightleftharpoons$  Produtos

Por exemplo, nas reações exotérmicas, caso o meio seja aquecido é como se tivéssemos a adição de um dos produtos (calor) e, por isso, a reação será deslocada para os reagentes. A aplicação de aquecimento em uma reação endotérmica, promoverá um deslocamento do equilíbrio para a formação de produtos.

### **Alteração da pressão:**

Caso a pressão do sistema reacional fosse aumentada, ou seja, se ele fosse comprimido, então o equilíbrio seria deslocado no sentido de menor volume, que nesse caso seria na direção dos produtos. De modo oposto, se a pressão for diminuída, o equilíbrio será deslocado na direção de maior volume, no caso, deslocado para os reagentes.

## Constante de equilíbrio

Na tabela abaixo segue as principais constantes de equilíbrio encontradas em química analítica. O  $K_{ps}$  está em destaque por ser a mais importante para gravimetria.

Nome	Exemplo de reação ou reação genérica	Equação
<b>Constante do produto de solubilidade (<math>K_{ps}</math>)</b>	$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$	$K_{ps} = [Ag^+][Cl^-]$
Constante de autoprotólise da água ( $K_w$ )	$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$	$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$
Constante de dissociação de ácido ( $K_a$ )	$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$	$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$
Constante de dissociação da base ( $K_b$ )	$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$	$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$



Constante de formação global ou cumulativa ( $\beta$ ) de complexos	$\text{Co}^{2+} + 6 \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{O} \\ \cdot\cdot \\   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} \longrightarrow \left[ \begin{array}{c} \text{H}_2\text{O} \quad \text{OH}_2 \\   \quad   \\ \text{H}_2\text{O} - \text{Co} - \text{OH}_2 \\   \\ \text{OH}_2 \end{array} \right]^{2+}$ <p>ácido                      base</p>	$\beta = K_1 \cdot K_2 \dots \cdot K_3$
Constante de partição ( $K_d$ )	$A_{(\text{fase1})} \rightleftharpoons A_{(\text{fase2})}$	$K_d = \frac{[A_{(\text{fase 2})}]}{[A_{(\text{fase 1})}]}$

## Gravimetria

A **gravimetria** ou **análise gravimétrica** é um método quantitativo clássico que se baseia na separação e pesagem (quantificação) de um elemento, ou um composto definido de um elemento. Para que essa determinação seja confiável, o elemento ou composto separado deve estar **tão puro quanto possível**.

Em geral, para permitir a quantificação do elemento de interesse na amostra, esse elemento é transformado [por meio de reações químicas conhecidas] em um composto estável e puro que pode ser separado da amostra e quantificado.

Embora haja exceções, em geral, a análise gravimétrica segue as seguintes etapas:

Precipitação do analito → filtração e lavagem do precipitado →  
 → aquecimento e/ou calcinação → pesagem do composto final obtido

## Noções experimentais da gravimetria

**Exemplo:** Em uma pesquisa de viabilidade de exploração de minério, precisamos avaliar quanto do metal de interesse está presente na rocha. Suponhamos que estejamos interessados na exploração de ferro a partir do minério hematita. Nesse caso, precisaríamos determinar quanto de ferro está presente no minério. Podemos fazer isso por análise gravimétrica. Vejamos:

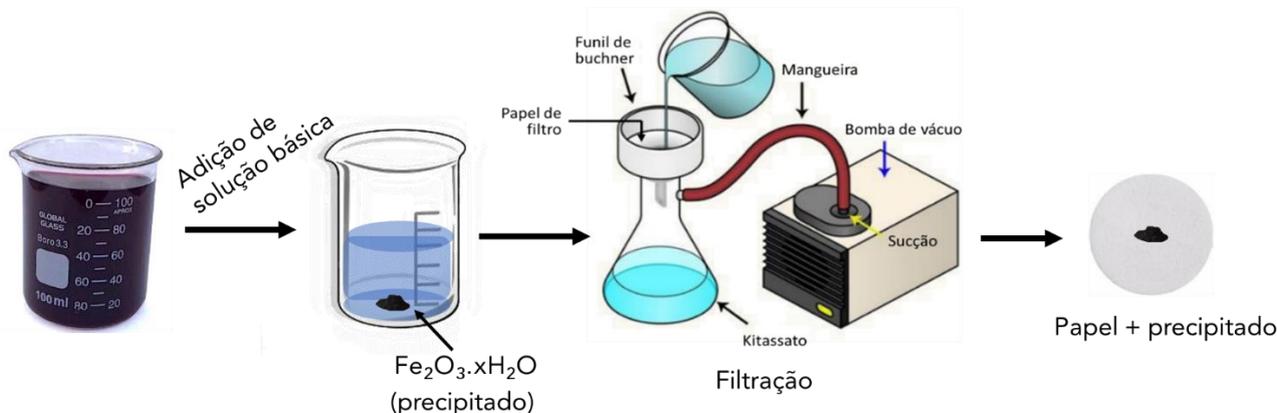
Acompanhe cuidadosamente os passos seguindo as etapas ilustradas abaixo. Devemos partir do minério hematita na forma bruta e submetê-lo a um **processo de moagem** (necessária para aumentar a superfície de contato e facilitar as reações subsequentes). Em seguida, foi **pesado 2,0 g da hematita** em um béquer. Adicionou-se uma certa quantidade de **solução de ácido** clorídrico para **dissolver a hematita**.



À solução resultante dos passos anterior, é adicionado solução de hidróxido de sódio suficiente para tornar o pH básico (alta concentração de  $\text{OH}^-$ ). Em pH básico, o **ferro III ( $\text{Fe}^{3+}$ )** em solução **precipita** quase que



totalmente (lembre-se, isso acontece porque a constante de solubilidade é baixa nessas condições) na forma de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (Óxido de ferro III hidratado). Esse **precipitado é retido no papel de filtro** durante a filtração. Em muitos casos, realiza-se lavagem [no próprio sistema de filtração], com água pura ou outro solvente adequado, do precipitado para remover impurezas nele aderidas.



E nossa análise gravimétrica ainda não acabou! Transferimos o papel de filtro com o precipitado a um cadinho de porcelana e introduzimos o material em uma mufla a altíssimas temperaturas, **etapa de calcinação**. Com esse aquecimento drástico, todo material orgânico do papel é comburido e expelido na forma de gás, restando no cadinho apenas o composto de ferro que passa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (Óxido de ferro III hidratado) para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Óxido férrico III) na forma **pura**, anidra (sem água). O cadinho é então **resfriado dentro de um dessecador** (etapa necessária visto que o cadinho quente pode danificar a balança), evitando que o material absorva umidade. Por fim, o **conteúdo do cadinho ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) é pesado em balança analítica, obtendo nesse caso uma massa de 1,71 g**. Ufa! Terminamos. Embora não seja uma análise complicada, já deve ter percebido que ela é pouco operacional (trabalhosa!).



### Características desejáveis para o precipitado

- ✓ Baixa solubilidade (precipitação de aproximadamente 100%).
- ✓ De fácil recuperação por filtração.
- ✓ Ser estável (não reativo) na presença de água e também de ar.
- ✓ O analito deve corresponder a uma pequena fração do precipitado.

### Vantagens e desvantagens dos métodos gravimétricos

#### Vantagens:



- ✓ **Método absoluto de análise.**
- ✓ **Elevada exatidão.**
- ✓ Há testes adicionais que indicam se a transformação do elemento (por ex: precipitação) foi efetiva e livre de impurezas (interferentes), conferindo **maior confiança analítica** (possibilidade de controlar seus erros);
- ✓ **Técnica de baixo custo.**

#### Desvantagens:

- ✓ **Pouco operacional.**
- ✓ **Geração de resíduos considerável.**

### Tipos de gravimetria

**1. Gravimetria por precipitação:** essa é a forma mais comum de análise gravimétrica, na qual o analito é precipitado<sup>5</sup> da solução contendo a amostra por um agente precipitante. Para atingir resultados muito bons, é importantíssimo que o precipitado formado seja muito pouco solúvel para não haver perdas e interferir diretamente no resultado. Após a precipitação, o precipitado é filtrado (solução é passada por um papel filtro, em que o sólido insolúvel é retido), lavado, seco e pesado.

**2. Gravimetria por volatilização:** o analito é convertido em um gás de composição conhecida e, desta forma, é separado da amostra. A partir da massa do gás, tem-se os dados para a determinação do analito na amostra. Podemos citar como exemplo a determinação de água (teor de umidade) e de dióxido de carbono.

**3. Gravimetria por eletrodeposição ou eletrogravimetria:** neste, a separação do analito da amostra se dá pela deposição do analito em um eletrodo, após o uso de corrente elétrica, do mesmo modo que se estuda em eletrólise. Essa deposição consiste em passar o metal da forma iônica (positiva), em solução, para a forma metálica ( $NOX = 0$ ), o qual se deposita na superfície do eletrodo. Nesse processo o íon metálico ganha elétrons e, por isso, dizemos que ele sofre redução. Uma vez separados, o analito é pesado e os cálculos estequiométricos são realizados.

**4. Gravimetria por extração:** assim como nos outros tipos de análise gravimétrica, o nome desse é bem intuitivo. Aqui a separação entre analito e amostra é feita por meio de extração (líquido:líquido) em balão de destilação ou líquido:sólido. Da mesma forma, ao final, o analito é pesado e os cálculos são feitos. Caso não se lembre exatamente do procedimento de extração, adicionei um quadro abaixo como revisão.

### Principais agentes precipitantes inorgânicos

Agente precipitante	Analitos (precipitado formado)
HCl, ácido clorídrico	Ag (AgCl), Hg (Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> )
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S, sulfeto de amônio	Hg (HgS), Co (Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )
H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , ácido oxálico	Ca (CaO), Sr (SrO), Th (ThO <sub>2</sub> )
HNO <sub>3</sub> , ácido nítrico	Sn (SnO <sub>2</sub> )
BaCl <sub>2</sub> , cloreto de bário	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (BaSO <sub>4</sub> )

<sup>5</sup> Formação de composto sólido insolúvel que segue para o fundo da solução, quando essa encontra-se em repouso.



## Principais agentes precipitantes orgânicos

- ✓ **8-hidroxiquinolina:** aplicado para análise gravimétrica de mais de 20 cátions. Sua seletividade é controlada pela faixa de pH do meio reacional, que pode ser controlada pela utilização de soluções tampão. Veja na reação abaixo, a sua reação com  $Mg^{2+}$ .
- ✓ **Dimetilglioxima (DMG):** seletivo para precipitação de Pd e Ni (mais utilizado). Com o Pd forma complexo amarelo pouco estável. Com o Ni, forma complexo muito estável de cor vermelho claro, conforme ilustrado abaixo.

## Aspectos adicionais sobre a precipitação

Uma excelente estratégia para melhorar a eficiência da **precipitação** é realizá-la em **solução homogênea**, ou seja, dissolver o analito em um solvente antes promover a sua precipitação. Com essa estratégia se obtém melhores separações, pois há a formação de partículas cristalinas grandes (de fácil recuperação por filtração), resultando também em precipitados mais puros.

Outra estratégia útil para melhorar a precipitação que é utilizada em conjunto com a precipitação em solução homogênea, é **mistura de soluções diluídas, com adição lenta sob agitação, evitando a supersaturação** do sistema (concentrações muito acima da solubilidade do composto precipitado). Nesse mesmo sentido, pode se evitar a supersaturação do sistema por meio do **aquecimento da solução**, melhorando também desta forma o processo de precipitação. Por fim, realiza-se o resfriamento da solução para obter o precipitado.

Vale lembrar que o processo de precipitação (nucleação) pode ocorrer de forma (i) **espontânea**, em que as partículas insolúveis vão se unindo para formas sólidos maiores que se tornam pesado e precipitam; e (ii) **induzida**, em que é adicionado, à solução contendo o analito, um pequeno cristal (germe) de mesma composição do composto precipitado, o que vai fazer com o que o precipitado se forme na superfície do germe.

A **coprecipitação** e **pós-precipitação** são os principais motivos de contaminação dos precipitados. A **coprecipitação** corresponde a precipitação de outros compostos (interferentes) juntamente com o precipitado de interesse, os quais nem sempre são facilmente retirados por lavagem do precipitado. Já a **pós-precipitação** é resultado do envelhecimento da solução em contato com o precipitado, pois, com o tempo, outras substâncias podem precipitar sobre o precipitado inicial.



## QUESTÕES COMENTADAS

### Gravimetria

1. (CEBRASPE (CESPE) - Tec (FUB)/FUB/Laboratório/2023) No que concerne a volumetria, gravimetria e potenciometria, julgue o item a seguir.

Situação hipotética: Um minério contendo magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) foi analisado pela dissolução de uma amostra em HCl concentrado, o que resultou em uma mistura de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ . Depois de adicionado  $\text{HNO}_3$  para oxidar o  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ , a solução resultante foi diluída com água e todo o  $\text{Fe}^{3+}$  foi precipitado como  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pela adição de  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Após filtragem e enxágue, o resíduo foi calcinado, resultando em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  puro. Assertiva: Nesse caso, a massa de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  presente na amostra é corretamente calculada multiplicando-se por  $2/3$  a massa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  obtida ao final do processo.

**Comentários:**

A relação molar entre  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pode ser estabelecida por meio das fórmulas químicas:

1 mol de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  contém 3 mols de Fe.

1 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  contém 2 mols de Fe.

Portanto, 2 mol de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (com 6 mol de Fe) correspondem a 3 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (com 6 mol de Fe). Esta é a relação molar entre  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Para descobrirmos a massa que corresponde entre elas então será:

$$(2 \text{ mol de } \text{Fe}_3\text{O}_4 \times \text{MM de } \text{Fe}_3\text{O}_4) \text{ corresponde a } (3 \text{ mol de } \text{Fe}_2\text{O}_3 \times \text{MM de } \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Como as massas molares são diferentes, isso quer dizer que a assertiva está errada já que a relação molar entre  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  não é de  $2/3$ , mas sim de  $2/3 \times (\text{massa molar de } \text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{massa molar de } \text{Fe}_2\text{O}_3) = 2/3 \times (232 \text{ g/mol} / 160 \text{ g/mol}) = 0,966$ .

**Resposta: Errado.**

2. (FGV - TecGes Admin (ALEMA) - ALEMA - 2023) Uma amostra de sal de Mohr [ $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] foi analisada por gravimetria para checar sua pureza. Nessa análise, a calcinação de 1,000 g de amostra rendeu 0,160 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Considere as massas molares ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ):  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 159,69$ ;  $\text{FeSO}_4 = 151,91$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 132,14$ . A pureza (%) da amostra é, aproximadamente,

a) 14,2.

b) 28,4.



- c) 56,8.
- d) 71,0.
- e) 85,2.

#### Comentários:

A quantidade de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  formado a partir do  $\text{FeSO}_4$  pode ser determinada pela equação estequiométrica:



cada 2 mols de  $\text{FeSO}_4$  produzirá um mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Portanto, a massa de  $\text{FeSO}_4$  originalmente presente na amostra pode ser determinada pela massa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  formado, usando as massas molares de  $\text{FeSO}_4$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Vamos atrás agora da quantidade de mols de  $\text{FeSO}_4$

$$\text{FeSO}_4 = 0,160\text{g} / 159,69 \text{ g/mol} \approx 0,001 \text{ mols}$$

Como temos a relação de 2 mols de  $\text{FeSO}_4$  para 1 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  então:

$$\text{FeSO}_4 = 2 \times 0,001 = 0,002 \text{ mols}$$

$$\text{Para massa } \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0,002 \times 285,05 \text{ g/mol} = 0,5701 \text{ g}$$

Por fim para o cálculo da pureza teremos a massa real sobre a massa total

$$\text{Pureza} = (0,5701\text{g de } \text{FeSO}_4 / 1,000 \text{ g de amostra}) \times 100\% = 57,1\%$$

**Resposta: letra C.**

3. (FGV - TecGes Admin (ALEMA) - ALEMA - 2023) “A base da análise gravimétrica é a pesagem de uma substância obtida pela precipitação de uma solução, ou volatizada e subsequentemente absorvida.” (MENDHAM, J. [et al.]. et al. VOGEL, Análise Química Quantitativa. 6. ed. RIO DE JANEIRO: LTC, 2002)  
Considerando os fatores que determinam o sucesso de uma análise por precipitação, assinale a afirmativa incorreta.

- a) O precipitado deve ser formado por partículas de dimensões mínimas, da ordem de 0,1  $\mu\text{m}$ , para filtração eficiente usando um papel de filtro quantitativo.
- b) O precipitado deve poder ser separado facilmente da solução por filtração usando um papel de filtro quantitativo.
- c) O precipitado deve poder ser lavado para eliminação completa das impurezas.



- d) O precipitado deve poder ser convertido em uma substância pura e de composição bem definida.
- e) O precipitado deve ser insolúvel o bastante para que não ocorram perdas apreciáveis na filtração usando um papel de filtro quantitativo.

### Comentários:

Letra A: incorreta. Partículas muito pequenas (da ordem de  $0,1 \mu\text{m}$ ) são geralmente difíceis de filtrar de forma eficiente com papel de filtro convencional, pois podem passar através dos poros do filtro ou causar obstruções, complicando a filtração. Idealmente, partículas maiores são preferidas para assegurar que o filtro as retenha de maneira eficaz.

Letra B: correta. A facilidade de separação do precipitado é crucial para a eficácia da análise gravimétrica, permitindo uma filtração eficiente e uma recuperação completa do material.

Letra C: correta. Para a gravimetria é essencial a capacidade de lavar o precipitado para remover impurezas solúveis. Isso garante que o peso medido do precipitado reflita apenas o material desejado, sem contaminações.

Letra D: correta. Para que os resultados da análise gravimétrica sejam confiáveis, o precipitado deve ser convertível em uma forma que seja pura e de composição conhecida e constante, muitas vezes por meio de um processo de calcinação ou outro tratamento adequado.

Letra E: correta. A insolubilidade suficiente do precipitado é crucial para assegurar que não haja perdas significativas durante a filtração. Um precipitado idealmente insolúvel permanece íntegro durante a filtração, minimizando as perdas de material.

**Resposta: letra A.**

**4. (FUNDATEC - PEBTT (IFC)/IFC - 2023) Nos séculos XVIII e XIX a gravimetria foi a principal forma de análise química utilizada e continua sendo um dos métodos mais exatos entre os existentes. Sobre esse assunto, assinale a alternativa INCORRETA.**

- a) Os métodos gravimétricos são quantitativos e se baseiam em medidas de massa feitas com uma balança analítica, um instrumento que fornece dados altamente exatos e precisos.
- b) O produto ideal de uma análise gravimétrica deve ser facilmente filtrável, muito puro e possuir uma composição conhecida e constante.
- c) Um agente precipitante gravimétrico deve reagir especificamente, ou, pelo menos, seletivamente com o analito.
- d) A formação de precipitados envolve dois momentos: a nucleação e o crescimento do cristal.
- e) A co-precipitação é um processo no qual os compostos insolúveis são removidos de uma solução durante a formação de um precipitado.



### Comentários:

Letra A: correta. A gravimetria é um método quantitativo que se baseia em medidas de massa, realizadas com balanças analíticas que são extremamente precisas e exatas.

Letra B: correta. O produto ideal de uma análise gravimétrica deve ser de fato facilmente filtrável, o mais puro possível e com uma composição conhecida e constante.

Letra C: correta. O agente precipitante usado na gravimetria deve ter uma reação específica ou seletiva com o analito, a fim de garantir a precisão do método.

Letra D: correta. A formação dos precipitados realmente envolve dois momentos: nucleação, quando as primeiras partículas do precipitado se formam; e o crescimento do cristal, quando as partículas se juntam para formar um cristal maior.

Letra E: incorreta. A co-precipitação na verdade é um processo indesejado em que solutos são incorporados no precipitado durante a formação deste, o que pode levar a erros na análise.

**Resposta: letra E.**

**5. (Instituto ACCESS - Eng (UFFS)/UFFS - 2023) Dentre os métodos para preparo de amostras inorgânicas, temos o processo de abertura que se refere à transformação química de uma amostra sólida em uma outra forma.**

**Assinale a alternativa que indique corretamente um método de abertura de amostra.**

- a) fusão
- b) destilação
- c) infusão
- d) decomposição
- e) oxidação

### Comentários:

A questão aborda o tema de preparo de amostras, mais especificamente os métodos de abertura de amostras. A abertura de amostras é um processo que envolve a transformação química de uma amostra sólida em outra forma, permitindo a análise do material de interesse. Vamos analisar as alternativas:

Letra A: correta. Fusão: é uma técnica comumente utilizada para abrir amostras, especialmente aquelas que são difíceis de dissolver. Envolve a transformação da amostra em um líquido ou solução, geralmente através do uso de um fundente. Correta.

Letra B: incorreta. Destilação: é um processo de separação, não de abertura de amostras.



Letra C: incorreta. Infusão: é um processo normalmente relacionado a extração de substâncias de um material sólido através de um solvente.

Letra D: incorreta. Decomposição: é um processo químico que quebra a amostra em partes menores.

Letra E: incorreta. Oxidação: é uma reação química, mas não é um método de abertura de amostra.

**Resposta: letra A.**

**6. (Instituto Consulplan - Ag Tec (FEPAM RS) - FEPAM RS - 2023) Sobre os métodos titulométrico e gravimétrico para análises de água, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.**

**( ) O objetivo do emprego de técnicas complementares na gravimetria é obter compostos estáveis e puros, passíveis de terem suas massas quantificadas.**

**( ) Precipitação, eletrodeposição, volatilização ou extração são métodos que substituem a gravimetria para a determinação da quantidade de sólidos em amostras de água.**

**( ) A determinação de prata em amostras de água por volumetria se fundamenta na titulação da amostra com excesso de NaCl ou KCl e formação de precipitado de AgCl, que é filtrado, lavado, dessecado e pesado.**

**( ) Na titulometria, a substância química de referência empregada no preparo da solução-padrão deve ser quimicamente estável, ter alto grau de pureza e não reagir com o analito presente na amostra.**

**( ) O precipitado formado em análises gravimétricas deve ser minimamente solúvel, a fim de assegurar que não ocorram perdas durante as etapas de filtração e pesagem, com quantidade remanescente recuperada e mensurada acima da sensibilidade da balança.**

**A sequência está correta em**

a) V, V, V, F, F.

b) V, F, V, F, V.

c) V, F, F, F, F.

d) F, V, V, V, F.

e) F, F, F, V, V.

**Comentários:**

Afirmativa I: verdadeira. O objetivo das técnicas complementares na gravimetria é obter compostos estáveis e puros, passíveis de terem suas massas quantificadas.

Afirmativa II: falsa. Precipitação, eletrodeposição, volatilização ou extração são métodos que fazem parte da técnica de gravimetria, e não substitutos da mesma para a determinação da quantidade de sólidos em amostras de água.



Afirmativa III: falsa. A determinação de prata em amostras de água por volumetria não é realizada pela formação de um precipitado de  $\text{AgCl}$  que é filtrado, lavado, dessecado e pesado. Essa descrição é de uma análise gravimétrica.

Afirmativa IV: falsa. Na titulometria, a substância padrão deve ser reativa o suficiente para reagir completamente com o analito, mas não deve reagir com outras substâncias presentes na amostra, garantindo a especificidade da titulação.

Afirmativa V: falsa. Na análise gravimétrica, o precipitado formado deve ser pouco solúvel ou insolúvel. Isso garante que o precipitado se forme quantitativamente, ou seja, todo o analito presente na solução é precipitado, e também permite que o precipitado seja facilmente separado do restante da solução por filtração. Se o precipitado fosse minimamente solúvel, poderia ocorrer perda do analito durante a filtração, comprometendo a precisão da análise.

**Resposta: letra C.**

**7. (FGV - Perito Criminal (PC RJ)/Química/2021) Ao ser solicitado a determinar a composição qualitativa da pólvora negra, um perito seguiu o protocolo de determinação percentual da composição química que envolve secagem em estufas, seguida pela extração dos nitratos com lavagem em água e, posteriormente, remoção do enxofre em solvente orgânico, restando, por fim, a determinação do teor de carvão e cinzas.**

**Essa rota de análise é um exemplo de:**

- a) análise volumétrica;
- b) análise em via úmida;
- c) extração por solventes;
- d) análise gravimétrica;
- e) análise combinada

**Comentários:**

A gravimetria é um método de análise quantitativo que tem como fundamento a medição da massa de um produto de reação ou de um precipitado para determinar a quantidade de um componente em uma amostra. Nesse caso, o perito determinou a composição da pólvora negra a partir da medição da massa de carvão e cinzas após a remoção do enxofre em solvente orgânico. Logo, essa rota é um exemplo de análise gravimétrica.

**Resposta: letra D**

**8. (IDECAN - Perito Criminal de 1ª Classe (PEFOCE)/Engenharia Química/2021) Uma amostra de minério de ferro de 3,5g foi dissolvida em  $\text{HCl}$  concentrado e depois diluída em água. Adicionou-se  $\text{NH}_3$  à**



solução para precipitar o ferro da amostra na forma de óxido de ferro hidratado  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ . O precipitado foi separado por filtração, lavado e o resíduo foi calcinado a alta temperatura, gerando 2,2g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  puro. A porcentagem de ferro presente na amostra é de

[Ma(u):Fe=56;Cl=35,5;O=16;N=14;H=1]

- a) 10%.
- b) 19%.
- c) 22%.
- d) 44%.
- e) 63%.

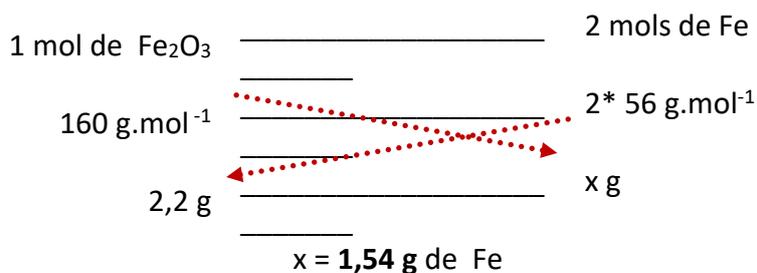
### Comentários:

Na preparação da amostra foram realizados alguns processos:

Minério de ferro (3,5g) → dissolvido em HCl → diluída em  $\text{H}_2\text{O}$  → adicionou  $\text{NH}_3$  → ppt  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2,2g)

Precisamos encontrar a porcentagem de ferro na amostra. Observamos que o ferro da amostra foi precipitado na forma de **óxido de ferro**, então é necessário determinarmos o quanto de ferro tem na forma de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Sabendo que a proporção é 1 mol de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  para 2 mols de Fe, podemos estrutura a seguinte regra de três:



Agora, vamos obter o percentual de Fe na amostra:

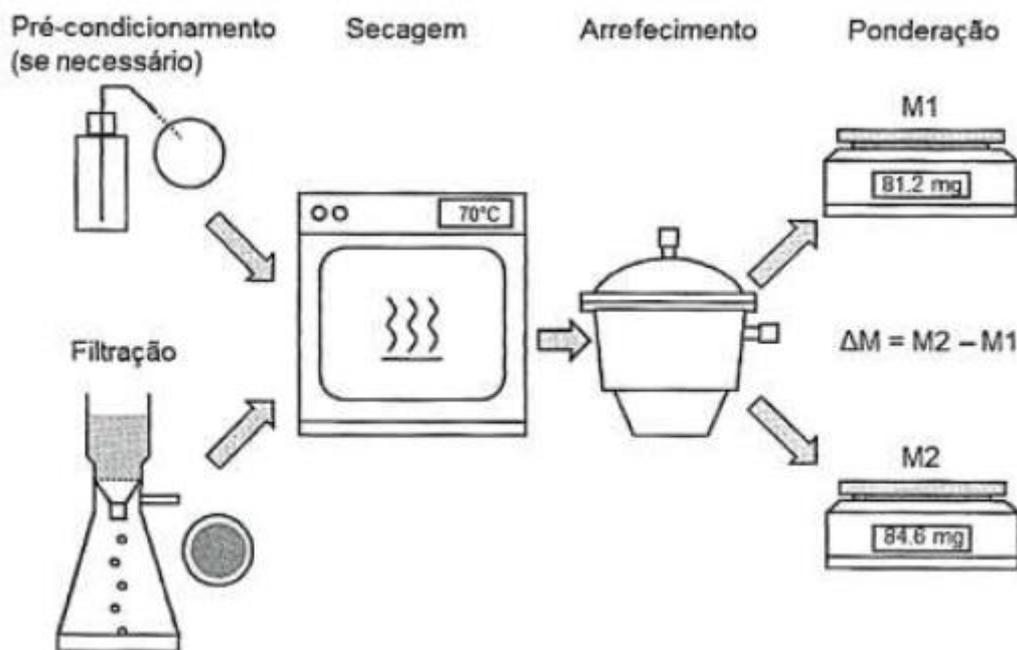
$$\% \text{ Fe} = \frac{m_{\text{Ferro}}}{m_{\text{Amostra}}} \times 100 \rightarrow \frac{1,54 \text{ g}}{3,5 \text{ g}} \times 100 = 44\%$$

Resposta: letra D

9. (DIRPS UFU - Técnico (UFU)/Laboratório/Química/2021) A análise gravimétrica é uma técnica utilizada em laboratórios de química para se medir a massa de determinado composto ou espécie química



em uma amostra. A figura acima indica uma série de procedimentos para se chegar à massa do precipitado a partir de uma reação química inicial com uma amostra conhecida.



Disponível em: <http://engesolutions.com.br/wp-content/uploads/2017/04/processo-gravimetria.jpg>. Acesso em 15 jun. 2021.

**O precipitado, na gravimetria, deve atender à seguinte característica:**

- composição desconhecida, pois a gravimetria irá determinar, no final do processo, a composição dos constituintes.
- insolubilidade, uma vez que é necessário garantir que sua massa seja completamente separada na filtração.
- fácil decomposição em luz ultravioleta, uma vez que, no contato com o ar, haverá a formação de novas substâncias.
- baixa pureza, tendo em vista que a massa de impurezas deverá ser assumida como parte do analito.

**Comentários:**

Na gravimetria, o elemento de interesse da amostra é transformado em um **composto estável e puro** que pode ser separado da amostra e quantificado. Sendo assim, vamos aproveitar e relembrar as principais características que são desejáveis para o precipitado, sendo elas a **baixa solubilidade**, **fácil recuperação por filtração**, **ser estável (não reativo) na presença de água e também de ar**, e o analito deve corresponder a uma pequena fração do precipitado.

**Resposta: letra B**

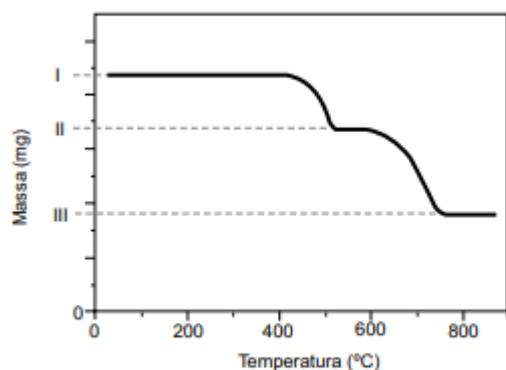


10. (VUNESP - (EsFCEEx)/Magistério Química/2020) Uma amostra de uma mistura formada por oxalato de cálcio anidro e dióxido de silício foi analisada por técnica de termogravimetria. A amostra foi colocada no interior de um equipamento, que é constituído de um forno acoplado a uma balança. Nele, a amostra é aquecida em um recipiente aberto e as variações de massa e da temperatura são registradas simultaneamente por um computador.

A decomposição térmica do oxalato de cálcio anidro inicia em cerca de 400 °C e ocorre em duas etapas representadas pelas equações. O composto sólido formado na primeira reação se decompõe em cerca de 600° C



O resultado da análise é apresentado na forma de uma curva da variação de massa em função da temperatura ao longo do processo de aquecimento



(Cavalheir, E. T. G.; et al. Química Nova. Adaptado)

I. 51,2 mg da amostra da mistura de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  e  $\text{SiO}_2$  .

II. 42,8 mg.

III. 29,6 mg.

O teor de oxalato de cálcio nessa amostra é de

a) 42%.

b) 58%.

c) 84%.

d) 75%.

e) 25%.



### Comentários:

Segundo a questão, a decomposição do oxalato de cálcio anidro ocorre em duas etapas. Inicialmente, tem-se o oxalato de cálcio anidro ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ), que começa a se decompor em torno de  $400^\circ\text{C}$ , e dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ). Em seguida, na etapa II, o oxalato já se transformou em  $\text{CaCO}_3$  (primeira reação), logo, há  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{SiO}_2$ . Por fim (etapa III), há  $\text{CaO}$ , formado na decomposição do  $\text{CaCO}_3$  que ocorre em torno de  $600^\circ\text{C}$ , e  $\text{SiO}_2$ . Sendo assim, o que foi perdido da etapa I para a etapa II é de  $\text{CO}$  formado na primeira reação. E, a massa perdida da etapa II para a III é de  $\text{CO}_2$  (formado na segunda reação).

Agora, podemos calcular o teor de oxalato na amostra a partir da diferença em massa da etapa 1 e 2, ou seja, a partir da massa de  $\text{CO}$  formada. Para isso, podemos observar a primeira reação, em que temos 1 mol de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  reagindo com 1 mol de  $\text{CO}$ , logo, podemos estruturar a seguinte regra de três:

1 mol de $\text{CaC}_2\text{O}_4$	1 mol de $\text{CO}$
128 g.mol <sup>-1</sup>	44 g.mol <sup>-1</sup>
x mg	(51,2 - 42,8) mg
$x = 38,4 \text{ mg de CaC}_2\text{O}_4$	

Agora, vamos obter o percentual de oxalato de cálcio na amostra:

$$\% \text{ CaC}_2\text{O}_4 = \frac{m_{\text{CaC}_2\text{O}_4}}{m_{\text{Amostra}}} \times 100 \rightarrow \frac{38,4 \text{ mg}}{51,2 \text{ mg}} \times 100 = 75\%$$

**Resposta: letra D**

11. (VUNESP - Químico (Pref Morro Agudo)/2020) A sequência correta das etapas da análise gravimétrica, partindo de solução com analito de interesse, é:

- a) filtração, lavagem, aquecimento, pesagem, precipitação.
- b) pesagem, precipitação, filtração, lavagem, aquecimento.
- c) lavagem, precipitação, filtração, aquecimento, pesagem.
- d) precipitação, filtração, lavagem, aquecimento, pesagem.
- e) aquecimento precipitação, filtração, lavagem, pesagem.

**Comentários:**



Em geral, a análise gravimétrica segue as seguintes etapas: precipitação do analito → filtração e lavagem do precipitado → aquecimento e/ou calcinação → pesagem do composto final obtido. Logo, o item que corresponde a sequência correta é o D.

**Resposta: letra D**

12. (Instituto Acesso - Professor Ensino Regular 20 horas/Química - SEDUC/AM - 2018) Para a determinação de enxofre em uma amostra de fertilizante, o analista adotou o método gravimétrico, em que o enxofre é convertido à sulfato de bário:

- ✓ Utilizando uma balança analítica, foram pesados 3,0000 g da amostra em um becker de 400 mL;
- ✓ A amostra foi submetida a aquecimento, em chapa aquecedora, juntamente com 125 mL de KOH 50 g.L<sup>-1</sup> em álcool etílico. A amostra foi deixada em fervura constante por 10 minutos e então foi adicionado 50 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%;
- ✓ Em seguida, as amostras foram resfriadas e filtradas em filtro de porosidade média. O filtrado foi recolhido em um becker de 250 mL, aquecido até a fervura por uma hora;
- ✓ Após as etapas de extração foram adicionados 10 mL de HCl concentrado ao líquido resultante. Em seguida, foi adicionado Cloreto de Bário, cobrindo o becker com vidro de relógio e aquecido a 80-90°C por uma hora.
- ✓ Após isto, este foi resfriado e filtrado, utilizando-se um papel de filtro quantitativo, lavando o precipitado com água destilada à quente;
- ✓ O papel de filtro com o precipitado foi transferido para um cadinho, levado a mufla à 800°C durante 1 hora;
- ✓ O cadinho com o sólido formado foi levado a um dessecador para resfriar à temperatura ambiente e o sólido foi então pesado. A massa do sólido final obtido foi de 0,9200 g.

Baseado nos dados apresentados, o teor de enxofre na amostra de fertilizante é de, aproximadamente:

- A) 1,9%
- B) 3,3%
- C) 2,6%
- D) 4,0%
- E) 1,2%

**Comentários:**

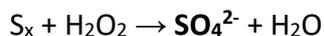
Questão muitíssimo interessante por exigir não só sobre conhecimentos estequiométricos a cerca da análise gravimétrica, mas também sobre detalhes experimentais desse tipo de análise. Como o detalhamento experimental trazido no enunciado é extenso, vou destacar os principais pontos que nos levarão à resposta correta. Beleza?

De início, não sabemos de que forma o enxofre se encontra em nossa amostra (orgânico, inorgânico, substância simples, substância composta, etc), mas isso, em geral não vai importar na maioria dos casos. O



que é importante naquele início de procedimento é anotar a massa de amostra considerada: **3,000 g de amostra**.

Em geral, a etapa a seguir consiste em uma simples solubilização da amostra que, nesse caso, foi realizada em meio básico (solução KOH 50 g.L<sup>-1</sup>). Em seguida é apresentado um detalhe importante, a adição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% que é um agente oxidante. Diante disso, podemos identificar a seguinte reação genérica:



Na reação acima, não vou me preocupar com balanceamento, pois só é necessário visualizarmos que o enxofre [independente da forma em que estivesse] foi transformado em sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

No estudo sobre os principais agentes precipitantes utilizados em gravimetria, aprende-se que o Cloreto de Bário é utilizado para precipitar sulfato na forma BaSO<sub>4(s)</sub>. Esse composto é separado, então, por filtração e calcinado para se obter a sua forma anidra, obtendo ao final uma **massa de 0,9200 g de BaSO<sub>4</sub>**.

Com base nos dados destacados até aqui, podemos determinar a quantidade de enxofre na amostra por meio de relações estequiométricas. Vejamos:

$$1 \text{ mol de BaSO}_4 \text{ _____ } 1 \text{ mol de S (visto que há apenas 1 átomo em BaSO}_4)$$

No entanto, nossos dados estão em massa, então simplifica os cálculos se modificarmos a relação acima para valores em grama. Para tanto, basta utilizarmos as massas molares de BaSO<sub>4</sub> e do S. Veja:

$$\begin{array}{r} 233 \text{ g de BaSO}_4 \text{ _____ } 32 \text{ g de S} \\ 0,92 \text{ de BaSO}_4 \text{ (massa obtida) _____ } x \\ \hline x = \mathbf{0,126 \text{ g}} \end{array}$$

Agora que sabemos quanto de enxofre em gramas havia na minha amostra inicial, podemos determinar o seu teor com base na seguinte regra de três:

$$\begin{array}{r} 3,0 \text{ g de amostra _____ } 100\% \\ 0,126 \text{ g de S _____ } y \\ \hline y = \mathbf{4,2 \%} \end{array}$$

Portanto, o teor de enxofre na amostra é de aproximadamente 4,2%.

**Resposta: letra D**

13. (UFU-MG - Técnico de Laboratório - Química - UFU-MG - 2016) As análises químicas compõem importante etapa dos processos realizados em laboratórios. Vários são os métodos utilizados para essas análises cujos fundamentos diferenciam-se pela técnica, procedimento, organização da amostra e coleta dos resultados. Entre esses métodos, é possível detectar quantitativos em amostras pela pesagem de um composto na forma mais pura possível, envolvendo a transformação do composto que se pretende analisar em outro pouco solúvel ou insolúvel. Esse método analítico é conhecido como:



- a) Gravimetria por Precipitação.
- b) Potenciometria.
- c) Voltametria Cíclica.
- d) Espectroscopia de Absorção Molecular.

#### Comentários:

Dentre as técnicas abordadas, a gravimetria destaca-se por ser um método quantitativo que tem como fundamento a pesagem de compostos. O tipo de gravimetria em questão fundamenta-se na separação de amostra e analito a partir da formação de um precipitado da solução contendo a amostra. O precipitado formado deve ser pouco solúvel ou insolúvel para que não haja perdas e, desta forma, o resultado tenha maior exatidão.

#### Resposta: letra A

**14. (Máxima - Controlador de Qualidade de Água/ Esgoto - SAAE de Aimorés - MG - 2016) A técnica de precipitação é amplamente utilizada na química analítica. Os métodos gravimétricos são quantitativos e se baseiam em medidas de massa. Sobre a gravimetria, todas as alternativas estão corretas, EXCETO:**

- a) Na gravimetria por precipitação, o analito é separado de uma solução na forma de um precipitado e é convertido a uma espécie de composição conhecida que pode ser pesada.
- b) No método gravimétrico por volatilização, o analito é isolado dos outros constituintes da amostra pela conversão a um gás de composição química conhecida. O peso desse gás serve então como uma medida da concentração do analito.
- c) Quando o analito é separado pela deposição em um eletrodo por meio do uso de uma corrente elétrica, denomina-se espectrometria de massas atômicas.
- d) No caso da titulação gravimétrica, a massa do reagente, de concentração conhecida, requerida para reagir completamente com o analito é a medida necessária para quantificação.

#### Comentários:

Letra A: correta. Na gravimetria, o método de separação do analito da amostra será decisivo para o nome do tipo de análise gravimétrica. Na gravimetria por precipitação, tem-se que o analito será separado da amostra por meio de uma reação de precipitação e o precipitado obtido será retido em papel de filtro (filtragem), em seguida, será seco e por fim, pesado.

Letra B: correta. Um dos exemplos deste tipo de gravimetria é a determinação de água em dióxido de carbono.

Letra C: incorreta. Na verdade, denomina-se gravimetria por eletrodeposição ou eletrogravimetria.



Letra D: correta. Diferentemente da volumetria, a titulação gravimétrica é baseada na massa e não no volume.

**Resposta: letra C**

15. (CESPE|CEBRASPE - Perito Criminal - SDS/PE - 2016) A remoção de metais pesados em efluentes líquidos pode ser realizada por meio da precipitação do metal, empregando-se um ânion adequado. Por exemplo, a concentração de  $\text{Cd}^{2+}$  em água pode ser reduzida pela precipitação, em meio alcalino, de  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ . Nesse sentido, considerando-se que o produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) do  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  seja igual a  $1,0 \times 10^{-14}$ , é correto concluir que a concentração residual de  $\text{Cd}^{2+}(\text{aq})$  em uma solução aquosa com comportamento ideal e pH igual a 10 será igual a

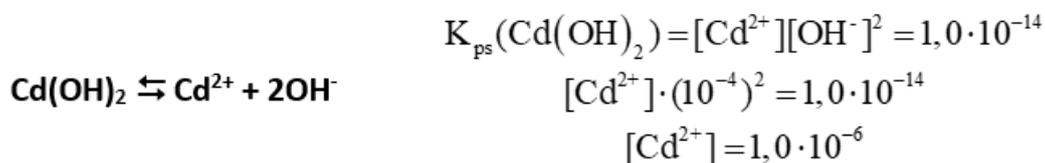
- a)  $1,0 \times 10^{-4}$  mol/L.
- b)  $1,0 \times 10^{-5}$  mol/L.
- c)  $1,0 \times 10^{-6}$  mol/L.
- d)  $1,0 \times 10^{-7}$  mol/L.
- e)  $1,0 \times 10^{-3}$  mol/L.

**Comentários:**

Toda vez que o enunciado fornecer o valor de pH, lembre-se de que podemos encontrar pOH por meio da relação  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ , e por isso, tanto as concentrações  $[\text{H}^+]$  e  $[\text{OH}^-]$  serão constantes e conhecidas. Neste caso, se  $\text{pH} = 10$ , logo  $\text{pOH} = 4$ . Podemos encontrar a concentração de  $[\text{OH}^-]$  por meio da relação abaixo.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] \rightarrow 4 = -\log [\text{OH}^-] \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Em seguida, devemos estruturar a reação e o K, aplicando a concentração de  $\text{OH}^-$  calculada acima para encontrar  $[\text{Cd}^{2+}]$ .



**Resposta: letra C**

16. (CESPE - Téc. de Lab. - FUB - 2014) Com relação a secagem e calcinação de precipitados, julgue o item que se segue: a pesagem de um precipitado seco em chama deverá ser feita imediatamente após a remoção da chama.

**Comentários:**



Após aquecimento seja por chama, mufla ou estufa, o precipitado (em geral, contido em cadinho ou cápsula, de porcelana) deve ser resfriado em dessecador contendo substância dessecante como sílica gel, que evita a reabsorção de umidade pelo precipitado. Só depois de resfriado à temperatura ambiente que a amostra pode ser pesada sem risco de danificá-la.

**Resposta: errado**

**17. (FCPC - Unilab - Téc. de Lab. – Química - 2019) Precipitados são sólidos insolúveis comumente obtidos no laboratório. Os precipitados devem ser lavados para remover as impurezas que são incorporadas ao sólido durante a precipitação. Quanto ao líquido ideal para a lavagem do precipitado marque o item com a afirmação correta.**

- A) Não deve dissolver as impurezas.
- B) Usar volumes grandes do líquido na lavagem.
- C) Deve formar produtos insolúveis com o precipitado.
- D) Deve ser volátil na temperatura de secagem do precipitado.
- E) Deve estar em temperatura levemente acima da temperatura ambiente para aumentar a eficiência de lavagem.

**Comentários:**

Letra A: incorreta. Justamente o contrário, deve dissolver as impurezas, aumentando a pureza do precipitado retido no papel de filtro.

Letra B: incorreta. O ideal é que sejam necessários pequenos volumes na lavagem para evitar ressolubilização e também geração excessiva de resíduos no filtrado.

Letra C: incorreta. Não deve reagir com o precipitado, apenas lavá-lo.

Letra D: correta. Ser volátil na temperatura de secagem facilita a separação do precipitado como um composto puro.

Letra E: incorreta. Utilizar solvente quente para lavagem do precipitado pode acarretar perdas do analito por ressolubilização.

**Resposta: letra D**

**18. (CESPE - Perito Criminal Federal - DPF - 2013) Tendo em vista que, apesar da grande variedade de métodos instrumentais disponíveis atualmente, diversos métodos clássicos ainda persistem como métodos padrão para diversas análises, a exemplo da gravimetria, julgue o item que se segue, relativo à**



**análise gravimétrica e aos fatores que a influenciam. Nucleação e peptização são processos que favorecem a obtenção de precipitados com maior tamanho de partícula, o que facilita a filtração em gravimetria.**

**Comentários:**

Questão relativamente difícil, pois cobra pormenores do processo de precipitação, abordagem rara em provas de concurso. Aqui devemos nos atentar que a nucleação é o processo inicial em que um número pequeno de partículas se une. Se a nucleação predominar, teremos formação de grânulos pequenos, o que é ruim para separação desse precipitado por filtração, quando é preferível cristais maiores.

Devemos lembrar também que a formação de colóides é um processo que ajuda na formação de cristais maiores, visto que neles são agregados um número de partículas bem maiores. No entanto, a peptização pode interferir negativamente visto que corresponde ao retorno de um colóide coagulado ao seu estado disperso.

**Resposta: errado**

**19. (IMA – Químico – Prefeitura Municipal de Caxias/MA - 2018) Marque a alternativa correta:**

- A) Para efetuar uma análise gravimétrica, não podemos ter a formação de um precipitado.
- B) A análise gravimétrica ou gravimetria é um método analítico quantitativo cujo processo envolve a separação e pesagem de um elemento ou um composto do elemento na forma mais pura possível.
- C) A gravimetria engloba uma variedade de técnicas, em que a maioria envolve a transformação do elemento ou composto a ser determinado num composto impuro e instável e de estequiometria indefinida, cuja massa é utilizada para estabelecer a qualidade do analito original.
- D) Em uma análise gravimétrica, não podemos utilizar cadinho de porcelana, papel filtro, funil e balança.

**Comentários:**

Letra A: incorreta. A formação do precipitado a partir do elemento de interesse (analito) é justamente uma etapa necessária para métodos gravimétricos, o qual é geralmente, em seguida, separado por filtração, calcinado e finalmente pesado.

Letra B: correta. Traz uma correta definição sobre a análise gravimétrica.

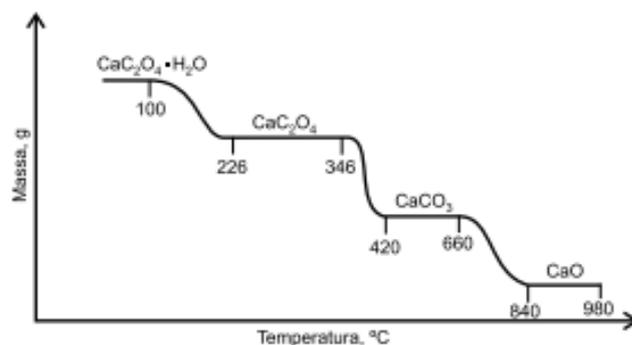
Letra C: incorreta. Na gravimetria, temos a transformação do elemento ou composto a ser determinado num composto puro, estável e estequiometria definida e não impuro e instável conforme mencionado.

Letra D: incorreta. Todos esses aparatos laboratoriais são normalmente utilizados em métodos gravimétricos de análise.

**Resposta: letra B**

**20. (VUNESP - Tec. de Lab. - UFABC - 2019) Considere a curva térmica a seguir.**





(<https://slideplayer.es/slide/6144869/>)

A escolha da temperatura de calcinação na análise gravimétrica leva em conta a conversão do analito em uma forma de pesagem conhecida e estável. Analisando a curva térmica para o oxalato de cálcio hidratado, a calcinação a 500 °C, até que não se observe variação de massa, leva à formação de

- A) mistura de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  e  $\text{CaCO}_3$
- B) mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaO}$
- C)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$
- D)  $\text{CaCO}_3$
- E)  $\text{CaO}$

#### Comentários:

Cada patamar constante de massa na curva de aquecimento indica a obtenção de uma fórmula química definida e constante. Como 500° C está contida no intervalo 420-660°C, temos, segundo o gráfico, nessa faixa o composto  $\text{CaCO}_3$ . Vale lembrar que as misturas só estarão presentes nos intervalos que há variação de massa no gráfico, ou seja, em que está ocorrendo a transformação de um composto em outro.

**Resposta: letra D**

**21. (IDECAN - Técnico em Química - CNEN - 2014) Para usar corretamente a balança analítica, deve-se adotar as seguintes precauções:**

- I. Proteger a balança contra a corrosão. Os objetos a serem colocados sobre o prato, para receber o material a ser medido, devem ser limitados a metais inertes, plásticos inertes e materiais vítreos.
- II. Manter a balança e seu gabinete sempre, meticulosamente, limpos. Um pincel feito de pelos é útil na remoção de material derramado ou poeira. Nunca se deve deixar um material que, acidentalmente, tenha caído na balança permanecer em contato com ela por muito tempo. Limpar imediatamente.
- III. Sempre deixar o objeto que tenha sido aquecido retomar à temperatura ambiente antes de pesá-lo.
- IV. Utilizar uma pinça para prevenir a absorção da umidade dos dedos por objetos secos.



Estão corretas as afirmativas:

- a) I, II, III e IV.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) III e IV, apenas.
- e) I, II e IV, apenas.

#### Comentários:

Afirmção I: correta. A proteção do prato da balança é muito importante, pois, além de conservar e aumentar a vida útil do equipamento, evita interferências sobre a pesagem.

Afirmção II: correta. Além do pincel, a limpeza pode ser feita com pano úmido, sabão neutro ou álcool.

Afirmção III: correta. Além deste cuidado, é um bom momento para reafirmar que líquidos voláteis e sólidos higroscópicos precisam ser pesados em recipientes fechados.

Afirmção IV: correta. Outro cuidado que também deve ser levado em consideração, é o uso da pinça ou de uma luva para evitar o contato direto das mãos com a vidraria ou papel filtro a ser pesado.

**Resposta: letra A**

**22. (Quadrix - SEDF - 2017) Com base nos conceitos de equilíbrio químico, julgue o item subsequente:**

**O equilíbrio químico ocorre quando há um equilíbrio dinâmico entre reagentes e produtos em uma reação química, ou seja, a condição na qual os processos direto e inverso ocorrem simultaneamente em velocidades iguais.**

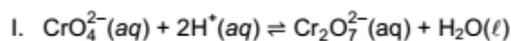
#### Comentários:

Afirmção correta. O candidato desatento pode confundir, pois no equilíbrio as concentrações das espécies são constantes. Entretanto, isso não significa que o sistema se encontra estático. Chamei atenção para o fato de o equilíbrio ser uma condição dinâmica, pois reagentes e produtos estão sendo formados ao mesmo tempo.

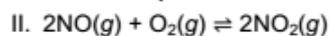
**Resposta: certo**

**23. (COMVEST - UFAM - 2016) A seguir são apresentados itens com as reações de equilíbrio e as correspondentes constantes de equilíbrio em termos de concentração ( $K_c$ ):**

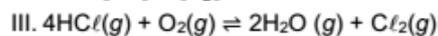




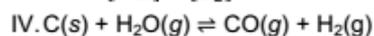
$$K_c = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \times [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CrO}_4^{2-}] \times [\text{H}^+]^2}$$



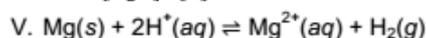
$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2]}$$



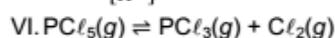
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \times [\text{Cl}_2]}{[\text{HCl}]^4 \times [\text{O}_2]}$$



$$K_c = \frac{[\text{CO}] \times [\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}] \times [\text{C}]}$$



$$K_c = \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{[\text{H}^+]^2}$$



$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente os itens I, II e V estão corretos
- b) Somente os itens I, III e VI estão corretas
- c) Somente os itens II, III e VI estão corretos
- d) Somente os itens II, IV e V estão corretas
- e) Somente os itens II, IV e VI estão corretos

### Comentários:

Excelente questão para treinar as regras básicas de escrita das equações de equilíbrio. Além disso, a questão apresenta “peguinhas” que nos deixarão mais atentos em questões semelhantes. Vamos analisar cada afirmativa separadamente.

Afirmativa I: o equilíbrio se dá em meio aquoso, o que é perceptível pelos índices (aq) que corresponde a aquoso. Portanto, o solvente, que nesse caso é a água, deveria ter sido omitido da equação. Portanto, afirmativa incorreta.

Afirmativa II: a equação para constante de equilíbrio (K) está correta.

Afirmativa III: nesse caso a água participa da equação, pois a reação se dá no estado gasoso, sendo a água um produto da reação. Portanto, afirmativa correta.

Afirmativa IV: sólidos devem ser omitidos na equação da constante. Afirmativa incorreta.

Afirmativa V: faltou o gás  $\text{H}_2$  na equação. Incorreta.



Afirmativa VI: a equação prevê corretamente todas as espécies participantes do equilíbrio. Afirmativa correta.

**Resposta: letra C**

24. (CESPE|CEBRASPE - Perito Criminal - SDS/PE - 2016) Considere que, na temperatura  $T_0$ , a constante de equilíbrio para a reação de decomposição do  $N_2O_4$  (g) apresentada a seguir seja igual a 4,0 e que o comportamento dos gases envolvidos nessa reação seja ideal.



De acordo com as informações do texto acima, se, em determinado instante, na temperatura  $T_0$ , as pressões parciais de  $N_2O_4$  (g) e  $NO_2$  (g) dentro de uma câmara forem iguais a 0,16 bar e 0,80 bar, respectivamente, então

- a) a reação não se encontrará em equilíbrio, mas as velocidades das reações direta e inversa serão iguais e diferentes de zero.
- b) a reação se encontrará em equilíbrio, e a velocidade tanto da reação direta quanto da reação inversa será igual a zero.
- c) a reação se encontrará em equilíbrio, e as velocidades das reações direta e inversa serão iguais.
- d) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação direta será superior à da reação inversa.
- e) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação inversa será superior à da reação direta.

#### Comentários:

Inicialmente devemos utilizar os dados da reação para escrever a equação da constante de equilíbrio.

$$K = 4 = \frac{P(NO_2)^2}{P(N_2O_4)}$$

em que P corresponde a pressão em bar. Precisamos agora descobrir se o sistema está em equilíbrio com as pressões parciais fornecidas. Podemos calcular o quociente de reação (Q) e em seguida compará-lo com K. O Q é calculado de maneira semelhante ao K, mas difere deste por apresentar a condição real ou atual do sistema ou da reação. Vejamos como calculá-lo.

$$Q = \frac{P(NO_2)^2}{P(N_2O_4)}$$

$$Q = \frac{0,8^2}{0,16} \rightarrow Q = 4$$



Comparação entre Q e K (Empregue este raciocínio em outros exercícios quando precisar).

Comparação	O que significa
Se $Q = K$	<b>A reação está em equilíbrio.</b>
Se $Q > K$	Significa que, em Q, o numerador está alto em relação ao denominador. Por isso, precisará diminuir o numerador (PRODUTOS) até que Q se iguale com K. <b>REAÇÃO IRÁ SE DESLOCAR PARA OS REAGENTES (ESQUERDA)</b>
Se $Q < K$	Significa que, em Q, o denominador está alto em relação ao numerador. Por isso, precisará diminuir o denominador (REAGENTES) até que Q alcance K. <b>REAÇÃO IRÁ SE DESLOCAR PARA OS PRODUTOS (DIREITA)</b>

Como  $Q=K$ , concluímos que o sistema se encontra em equilíbrio e, portanto, as velocidades das reações direta e inversa serão iguais.

**Resposta: letra C**

**25. (CS-UFG - Analista de Saneamento - Biólogo - SANEAGO-GO - 2018) A filtração a vácuo é um método de separação de misturas heterogêneas que ocorre a uma velocidade maior que a filtração normal. O funil de Büchner é uma das vidrarias utilizadas para realizar esse método juntamente com**

- a) a mufla.
- b) a tela de amianto.
- c) o picnômetro.
- d) o kitassato.

**Comentários:**

Letra A e B: incorretas. A mufla e a tela de amianto são utilizadas em sistemas que visam o aquecimento.

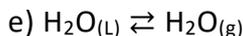
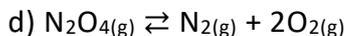
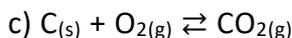
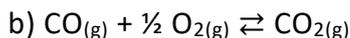
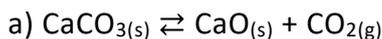
Letra C: incorreta. O picnômetro é uma vidraria utilizada para a determinação da densidade de substâncias.

Letra D: correta. O kitassato tem o formato do erlenmeyer, mas com paredes mais espessas e um orifício lateral para acoplar a mangueira da bomba de vácuo. Desta forma, opera em conjunto com o funil de Büchner na filtração a vácuo.

**Resposta: letra D**

**26. (VUNESP - Perito Criminal - PCSP - 2013) O aumento de pressão do sistema acarretará maior rendimento em produto do equilíbrio representado por:**





### Comentários:

Considere que cada mol de gás, independente da substância gasosa, ocupe o mesmo volume V. Faça a soma dos volumes para os reagentes e para os produtos em cada reação. Veja:

Letra	Volume dos produtos	Volume dos reagentes
A	0V	1V
B	1,5V	1V
C	1V	1V
D	1V	3V
E	0V	1V

Nas reações em que os volumes dos lados opostos da reação são iguais, a variação da pressão não deve causar deslocamento do equilíbrio. Nos demais, o equilíbrio será deslocado na direção de menor volume caso haja aumento de pressão. Vale lembrar que o enunciado quer saber qual reação aumentaria seu rendimento (aumentaria a formação de produtos) com o aumento da pressão. Segundo a tabela acima, a reação da Letra B é a única em que os produtos ocupam um volume menor que os reagentes.

**Resposta: letra B**

27. (IBFC - Perito Criminal/Eng. Química - PCRJ - 2013) A corrosão pode ter inúmeras causas, entre elas podemos citar os incêndios. Quando o fenômeno ígneo ocorre em edificações ou viadutos, pode colocar em risco a integridade física e o patrimônio dos cidadãos. Nos processos de corrosão do Ferro, há formação de ferrugem e, dependendo dos fatores que contribuem para este processo, pode-se minimizar ou até evitar o processo corrosivo. Na equação da reação abaixo está representado uma das formas de oxidação do ferro.



Marque a alternativa que apresenta o correto procedimento para dificultar este processo de corrosão:

- a) Retirar óxido férrico.
- b) Adicionar hidrogênio gasoso.
- c) Adicionar ferro metálico.



- d) Alterar a pressão do sistema reacional.  
e) Adicionar água.

### Comentários:

O candidato deveria se basear no princípio de L<sup>e</sup> Châtelier para julgar todas as alternativas.

Letra A: incorreta. Retirar óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que é um produto, desloca a reação para a direita, promovendo ainda mais a oxidação do ferro metálico (Fe).

Letra B: correta. Adicionar hidrogênio gasoso, que é um produto, desloca a reação no sentido dos reagentes, evitando, dessa forma, a oxidação do ferro metálico e a formação de ferrugem ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Letra C: incorreta. Adicionar reagente desloca a reação para a formação dos produtos.

Letra D: incorreta. Do lado dos reagentes há 3 mols de  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , enquanto que do lado dos produtos há 3 mols de  $\text{H}_2(\text{g})$ . Considerando um comportamento ideal, os 3 mols dos diferentes gases ocuparão o mesmo volume. Portanto, como não há diferença de volume entre os dois lados da equação, o equilíbrio independe da pressão.

Letra E: incorreta. Adicionar reagente desloca a reação para a formação dos produtos.

### Resposta: letra B

**28. (ESAF - Químico - MI - 2012) O fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) apresenta risco quando reage com ácido sulfúrico concentrado formando ácido fluorídrico, que provoca corrosão de frascos de vidro. Indique a opção que mostra a solubilidade do  $\text{CaF}_2$ , em mol/L, em uma solução de fluoreto de sódio (NaF) com concentração 0,010 mol/L. Dado:  $K_{ps}(\text{CaF}_2) = 3,9 \times 10^{-11}$**

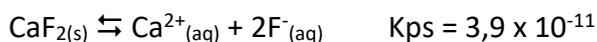
- a)  $2,1 \times 10^{-4}$   
b)  $4,4 \times 10^{-6}$   
c)  $3,9 \times 10^{-7}$   
d)  $2,1 \times 10^{-8}$   
e)  $3,9 \times 10^{-9}$

### Comentários:

Exercício que aborda o efeito do íon comum. Como  $K_{ps}$  do  $\text{CaF}_2 \ll 1$ , então esse sal é pouco solúvel. Estudaremos em inorgânica como prever qualitativamente a solubilidade dos sais em geral. Por enquanto, lembre-se de uma dica valiosa: caso não seja fornecido o  $K_{ps}$  de um determinado sal no enunciado, então muito provavelmente esse sal é solúvel como acontece neste exercício para o NaF (sal solúvel).



A adição do NaF aumenta consideravelmente a concentração do ânion fluoreto em comum ( $F^-$ ), que é comum a ambos os sais. Esse aumento desloca o equilíbrio abaixo para esquerda, no sentido de formação de  $CaF_{2(s)}$  e diminuição da concentração de  $Ca^{2+}_{(aq)}$ , ou seja, acaba diminuindo a solubilidade desse sal.



Agora que entendemos a parte conceitual, precisamos calcular para quanto a solubilidade do sal será diminuída. Entenda aqui solubilidade como a concentração do sal em mol/L que estará na forma dissociada.

A dissociação de 1 mol de  $CaF_{2(s)}$  produz 1 mol de  $Ca^{2+}_{(aq)}$  e 2 mols de  $2F^{-}_{(aq)}$ . Portanto, se considerarmos que x mols de  $CaF_{2(s)}$  está dissociado, então estarão presentes x mol de  $Ca^{2+}_{(aq)}$  e 2x mol de  $2F^{-}_{(aq)}$ . Além disso, a concentração de  $2F^{-}_{(aq)}$  recebe um incremento de 0,010 mol/L vindos do NaF (sal muito solúvel, cuja dissociação será completa). Com base nessas considerações, podemos incluir os valores na equação do equilíbrio da seguinte maneira:

$$[Ca^{2+}] \cdot [F^-]^2 = K_{ps}$$

$$x \cdot (2x + 0,01)^2 = 3,9 \cdot 10^{-11}$$

Caso desenvolvêssemos a equação acima, encontraríamos uma equação de 3º grau. Em exercícios de equilíbrio, nunca tente resolver uma equação de 3º grau porque você perderá muito tempo. Nesses casos, sempre podemos fazer uma aproximação coerente que simplifique os cálculos. Já que o  $CaF_{2(s)}$  é pouquíssimo solúvel ( $K_{ps} \ll 1$ ), podemos supor que a concentração 0,01 mol/L oriunda de NaF é muitíssimo maior que 2x de  $F^-$  oriundo do  $CaF_2$ . Desta forma, se  $[F^-] = 2x + 0,01$ , podemos aproximar para  $[F^-] \approx 0,01$ . Aplicando esse valor aproximado na equação do equilíbrio, temos:

$$x \cdot (0,01)^2 \approx 3,9 \cdot 10^{-11}$$

$$x \approx 3,90 \cdot 10^{-7} \text{ (Letra C)}$$

Portanto, na presença de aproximadamente 0,01 mol·L<sup>-1</sup> de  $F^-$ , 3,90·10<sup>-7</sup> mol·L<sup>-1</sup> de  $Ca^{2+}$ . Considerando que, na dissolução de 1 mol do sal CaF, 1 mol de  $Ca^{2+}$  é liberado, então 3,90·10<sup>-7</sup> mol·L<sup>-1</sup> é a própria solubilidade desse sal.

Um pequeno desafio para você: sugiro que calcule a concentração de  $F^-$  oriundo do sal  $CaF_2$  em equilíbrio e na ausência do NaF. Compare o resultado obtido com 0,01 mol/L e perceberá que realmente a aproximação realizada é muito plausível.

**Resposta: letra C**

**29. (IPAD - Perito Criminal/Química - PCPE - 2006) Em uma análise qualitativa, fluoreto de cálcio sólido foi adicionado, em pequenas quantidades e lentamente, a uma solução contendo íons fluoreto e carbonato. Sabendo-se que as concentrações de  $F^-$  e  $CO_3^{2-}$  são de  $5,0 \times 10^{-5} M$  e que os produtos de solubilidade do  $CaCO_3$  é de  $4,7 \times 10^{-9}$  e do  $CaF_2$  é  $1,7 \times 10^{-10}$ , pode-se dizer que nesse processo:**

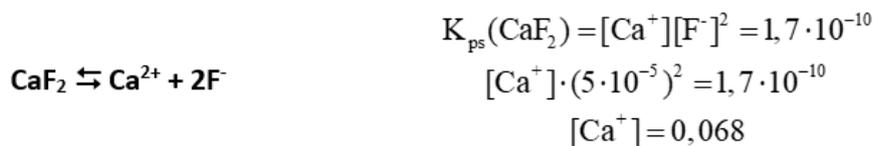
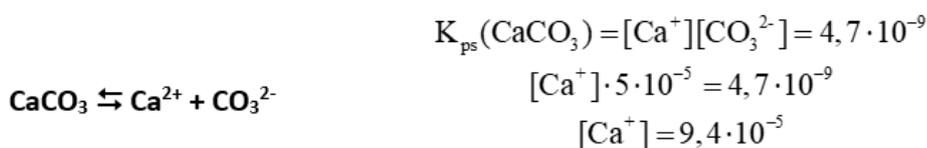
a) o  $CaCO_3$  precipita primeiro.



- b) o  $\text{CaF}_2$  precipita primeiro.
- c) o  $\text{CaCO}_3$  e o  $\text{CaF}_2$  precipitam ao mesmo tempo.
- d) não ocorre precipitação de nenhum sal.
- e) o Kps do  $\text{CaF}_2$  não pode ser ultrapassado.

#### Comentários:

O primeiro passo é estruturar as reações e os respectivos Kps. Em seguida, podemos incluir as concentrações de  $\text{F}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  e encontrar  $[\text{Ca}^{2+}]$ .



Perceba que no primeiro caso a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  ( $9,4 \cdot 10^{-5}$  mol/L) é muito menor que a concentração no segundo caso (0,068 mol/L). Essas concentrações de cálcio obtidas são os valores limiares a partir dos quais os sais começam a precipitar. Portanto, com a adição gradual de  $\text{Ca}^{2+}$  à solução, o  $\text{CaCO}_3$  será o primeiro sal a precipitar. Em uma outra interpretação das concentrações obtidas para  $\text{Ca}^{2+}$  nos cálculos acima, podemos dizer que  $\text{CaF}_2$  suporta uma maior quantidade de cátions  $\text{Ca}^{2+}$  até que ultrapasse o equilíbrio e comece a precipitar.

**Resposta: letra A**



## LISTA DE QUESTÕES

### Gravimetria

1. (CEBRASPE (CESPE) - Tec (FUB)/FUB/Laboratório/2023) No que concerne a volumetria, gravimetria e potenciometria, julgue o item a seguir.

Situação hipotética: Um minério contendo magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) foi analisado pela dissolução de uma amostra em HCl concentrado, o que resultou em uma mistura de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ . Depois de adicionado  $\text{HNO}_3$  para oxidar o  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ , a solução resultante foi diluída com água e todo o  $\text{Fe}^{3+}$  foi precipitado como  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  pela adição de  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Após filtragem e enxágue, o resíduo foi calcinado, resultando em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  puro. Assertiva:

Nesse caso, a massa de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  presente na amostra é corretamente calculada multiplicando-se por  $2/3$  a massa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  obtida ao final do processo.

2. (FGV - TecGes Admin (ALEMA) - ALEMA - 2023) Uma amostra de sal de Mohr [ $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] foi analisada por gravimetria para checar sua pureza. Nessa análise, a calcinação de 1,000 g de amostra rendeu 0,160 g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Considere as massas molares ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ):  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 159,69$ ;  $\text{FeSO}_4 = 151,91$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 132,14$ . A pureza (%) da amostra é, aproximadamente,

- a) 14,2.
- b) 28,4.
- c) 56,8.
- d) 71,0.
- e) 85,2.

3. (FGV - TecGes Admin (ALEMA) - ALEMA - 2023) “A base da análise gravimétrica é a pesagem de uma substância obtida pela precipitação de uma solução, ou volatizada e subsequentemente absorvida.” (MENDHAM, J. [et al.]. et al. VOGEL, Análise Química Quantitativa. 6. ed. RIO DE JANEIRO: LTC, 2002)  
Considerando os fatores que determinam o sucesso de uma análise por precipitação, assinale a afirmativa incorreta.

- a) O precipitado deve ser formado por partículas de dimensões mínimas, da ordem de  $0,1 \mu\text{m}$ , para filtração eficiente usando um papel de filtro quantitativo.
- b) O precipitado deve poder ser separado facilmente da solução por filtração usando um papel de filtro quantitativo.



- c) O precipitado deve poder ser lavado para eliminação completa das impurezas.
- d) O precipitado deve poder ser convertido em uma substância pura e de composição bem definida.
- e) O precipitado deve ser insolúvel o bastante para que não ocorram perdas apreciáveis na filtração usando um papel de filtro quantitativo.

**4. (FUNDATEC - PEBTT (IFC)/IFC - 2023) Nos séculos XVIII e XIX a gravimetria foi a principal forma de análise química utilizada e continua sendo um dos métodos mais exatos entre os existentes. Sobre esse assunto, assinale a alternativa INCORRETA.**

- a) Os métodos gravimétricos são quantitativos e se baseiam em medidas de massa feitas com uma balança analítica, um instrumento que fornece dados altamente exatos e precisos.
- b) O produto ideal de uma análise gravimétrica deve ser facilmente filtrável, muito puro e possuir uma composição conhecida e constante.
- c) Um agente precipitante gravimétrico deve reagir especificamente, ou, pelo menos, seletivamente com o analito.
- d) A formação de precipitados envolve dois momentos: a nucleação e o crescimento do cristal.
- e) A co-precipitação é um processo no qual os compostos insolúveis são removidos de uma solução durante a formação de um precipitado.

**5. (Instituto ACCESS - Eng (UFFS)/UFFS - 2023) Dentre os métodos para preparo de amostras inorgânicas, temos o processo de abertura que se refere à transformação química de uma amostra sólida em uma outra forma.**

**Assinale a alternativa que indique corretamente um método de abertura de amostra.**

- a) fusão
- b) destilação
- c) infusão
- d) decomposição
- e) oxidação

**6. (Instituto Consulplan - Ag Tec (FEPAM RS) - FEPAM RS - 2023) Sobre os métodos titulométrico e gravimétrico para análises de água, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.**

**( ) O objetivo do emprego de técnicas complementares na gravimetria é obter compostos estáveis e puros, passíveis de terem suas massas quantificadas.**



( ) Precipitação, eletrodeposição, volatilização ou extração são métodos que substituem a gravimetria para a determinação da quantidade de sólidos em amostras de água.

( ) A determinação de prata em amostras de água por volumetria se fundamenta na titulação da amostra com excesso de NaCl ou KCl e formação de precipitado de AgCl, que é filtrado, lavado, dessecado e pesado.

( ) Na titulometria, a substância química de referência empregada no preparo da solução-padrão deve ser quimicamente estável, ter alto grau de pureza e não reagir com o analito presente na amostra.

( ) O precipitado formado em análises gravimétricas deve ser minimamente solúvel, a fim de assegurar que não ocorram perdas durante as etapas de filtração e pesagem, com quantidade remanescente recuperada e mensurada acima da sensibilidade da balança.

A sequência está correta em

a) V, V, V, F, F.

b) V, F, V, F, V.

c) V, F, F, F, F.

d) F, V, V, V, F.

e) F, F, F, V, V.

7. (FGV - Perito Criminal (PC RJ)/Química/2021) Ao ser solicitado a determinar a composição qualitativa da pólvora negra, um perito seguiu o protocolo de determinação percentual da composição química que envolve secagem em estufas, seguida pela extração dos nitratos com lavagem em água e, posteriormente, remoção do enxofre em solvente orgânico, restando, por fim, a determinação do teor de carvão e cinzas.

Essa rota de análise é um exemplo de:

a) análise volumétrica;

b) análise em via úmida;

c) extração por solventes;

d) análise gravimétrica;

e) análise combinada

8. (IDECAN - Perito Criminal de 1ª Classe (PEFOCE)/Engenharia Química/2021) Uma amostra de minério de ferro de 3,5g foi dissolvida em HCl concentrado e depois diluída em água. Adicionou-se NH<sub>3</sub> à solução para precipitar o ferro da amostra na forma de óxido de ferro hidratado Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · xH<sub>2</sub>O. O

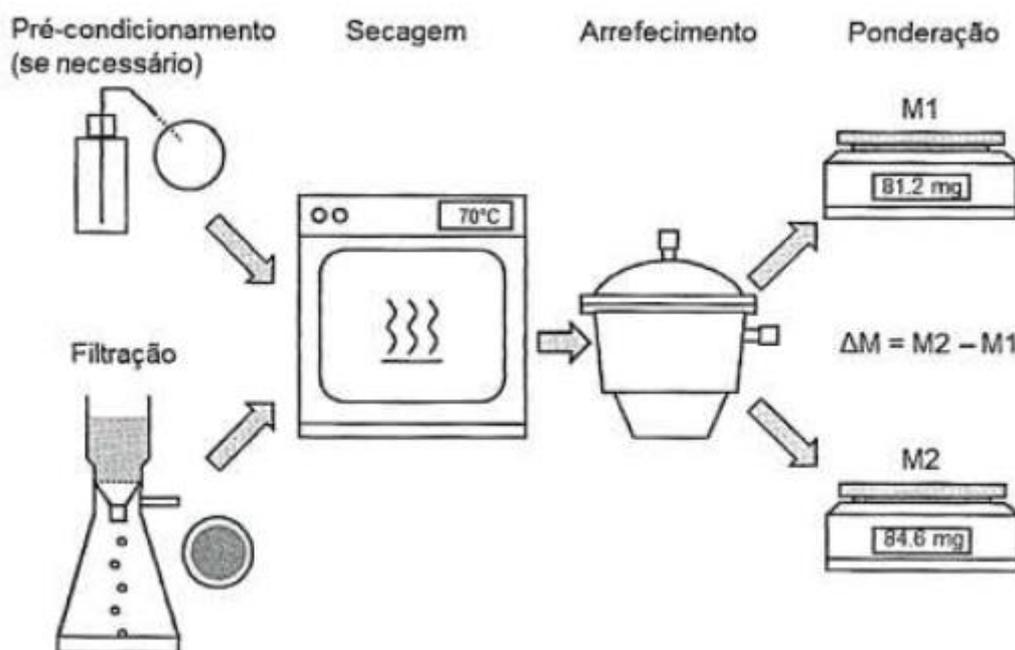


precipitado foi separado por filtração, lavado e o resíduo foi calcinado a alta temperatura, gerando 2,2g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  puro. A porcentagem de ferro presente na amostra é de

[Ma(u):Fe=56;Cl=35,5;O=16;N=14;H=1]

- a) 10%.
- b) 19%.
- c) 22%.
- d) 44%.
- e) 63%.

9. (DIRPS UFU - Técnico (UFU)/Laboratório/Química/2021) A análise gravimétrica é uma técnica utilizada em laboratórios de química para se medir a massa de determinado composto ou espécie química em uma amostra. A figura acima indica uma série de procedimentos para se chegar à massa do precipitado a partir de uma reação química inicial com uma amostra conhecida.



Disponível em: <http://engesolutions.com.br/wp-content/uploads/2017/04/processo-gravimetria.jpg>. Acesso em 15 jun. 2021.

O precipitado, na gravimetria, deve atender à seguinte característica:

- a) composição desconhecida, pois a gravimetria irá determinar, no final do processo, a composição dos constituintes.



b) insolubilidade, uma vez que é necessário garantir que sua massa seja completamente separada na filtração.

c) fácil decomposição em luz ultravioleta, uma vez que, no contato com o ar, haverá a formação de novas substâncias.

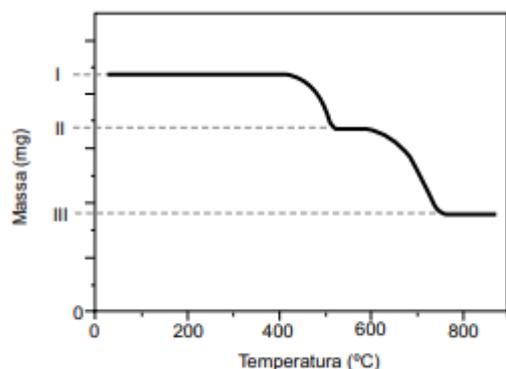
d) baixa pureza, tendo em vista que a massa de impurezas deverá ser assumida como parte do analito.

10. (VUNESP - (EsFCEEx)/Magistério Química/2020) Uma amostra de uma mistura formada por oxalato de cálcio anidro e dióxido de silício foi analisada por técnica de termogravimetria. A amostra foi colocada no interior de um equipamento, que é constituído de um forno acoplado a uma balança. Nele, a amostra é aquecida em um recipiente aberto e as variações de massa e da temperatura são registradas simultaneamente por um computador.

A decomposição térmica do oxalato de cálcio anidro inicia em cerca de 400 °C e ocorre em duas etapas representadas pelas equações. O composto sólido formado na primeira reação se decompõe em cerca de 600 °C



O resultado da análise é apresentado na forma de uma curva da variação de massa em função da temperatura ao longo do processo de aquecimento



(Cavalheir, E. T. G.; et al. Química Nova. Adaptado)

I. 51,2 mg da amostra da mistura de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  e  $\text{SiO}_2$  .

II. 42,8 mg.

III. 29,6 mg.

O teor de oxalato de cálcio nessa amostra é de

a) 42%.



- b) 58%.
- c) 84%.
- d) 75%.
- e) 25%.

11. (VUNESP - Químico (Pref Morro Agudo)/2020) A sequência correta das etapas da análise gravimétrica, partindo de solução com analito de interesse, é:

- a) filtração, lavagem, aquecimento, pesagem, precipitação.
- b) pesagem, precipitação, filtração, lavagem, aquecimento.
- c) lavagem, precipitação, filtração, aquecimento, pesagem.
- d) precipitação, filtração, lavagem, aquecimento, pesagem.
- e) aquecimento precipitação, filtração, lavagem, pesagem.

12. (Instituto Acesso - Professor Ensino Regular 20 horas/Química - SEDUC/AM - 2018) Para a determinação de enxofre em uma amostra de fertilizante, o analista adotou o método gravimétrico, em que o enxofre é convertido à sulfato de bário:

- ✓ Utilizando uma balança analítica, foram pesados 3,0000 g da amostra em um becker de 400 mL;
- ✓ A amostra foi submetida a aquecimento, em chapa aquecedora, juntamente com 125 mL de KOH 50 g.L<sup>-1</sup> em álcool etílico. A amostra foi deixada em fervura constante por 10 minutos e então foi adicionado 50 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%;
- ✓ Em seguida, as amostras foram resfriadas e filtradas em filtro de porosidade média. O filtrado foi recolhido em um becker de 250 mL, aquecido até a fervura por uma hora;
- ✓ Após as etapas de extração foram adicionados 10 mL de HCl concentrado ao líquido resultante. Em seguida, foi adicionado Cloreto de Bário, cobrindo o becker com vidro de relógio e aquecido a 80-90°C por uma hora.
- ✓ Após isto, este foi resfriado e filtrado, utilizando-se um papel de filtro quantitativo, lavando o precipitado com água destilada à quente;
- ✓ O papel de filtro com o precipitado foi transferido para um cadinho, levado a mufla à 800°C durante 1 hora;
- ✓ O cadinho com o sólido formado foi levado a um dessecador para resfriar à temperatura ambiente e o sólido foi então pesado. A massa do sólido final obtido foi de 0,9200 g.

Baseado nos dados apresentados, o teor de enxofre na amostra de fertilizante é de, aproximadamente:

- A) 1,9%
- B) 3,3%



- C) 2,6%
- D) 4,0%
- E) 1,2%

13. (UFU-MG - Técnico de Laboratório - Química - UFU-MG - 2016) As análises químicas compõem importante etapa dos processos realizados em laboratórios. Vários são os métodos utilizados para essas análises cujos fundamentos diferenciam-se pela técnica, procedimento, organização da amostra e coleta dos resultados. Entre esses métodos, é possível detectar quantitativos em amostras pela pesagem de um composto na forma mais pura possível, envolvendo a transformação do composto que se pretende analisar em outro pouco solúvel ou insolúvel. Esse método analítico é conhecido como:

- a) Gravimetria por Precipitação.
- b) Potenciometria.
- c) Voltametria Cíclica.
- d) Espectroscopia de Absorção Molecular.

14. (Máxima - Controlador de Qualidade de Água/ Esgoto - SAAE de Aimorés - MG - 2016) A técnica de precipitação é amplamente utilizada na química analítica. Os métodos gravimétricos são quantitativos e se baseiam em medidas de massa. Sobre a gravimetria, todas as alternativas estão corretas, EXCETO:

- a) Na gravimetria por precipitação, o analito é separado de uma solução na forma de um precipitado e é convertido a uma espécie de composição conhecida que pode ser pesada.
- b) No método gravimétrico por volatilização, o analito é isolado dos outros constituintes da amostra pela conversão a um gás de composição química conhecida. O peso desse gás serve então como uma medida da concentração do analito.
- c) Quando o analito é separado pela deposição em um eletrodo por meio do uso de uma corrente elétrica, denomina-se espectrometria de massas atômicas.
- d) No caso da titulação gravimétrica, a massa do reagente, de concentração conhecida, requerida para reagir completamente com o analito é a medida necessária para quantificação.

15. (CESPE|CEBRASPE - Perito Criminal - SDS/PE - 2016) A remoção de metais pesados em efluentes líquidos pode ser realizada por meio da precipitação do metal, empregando-se um ânion adequado. Por exemplo, a concentração de  $\text{Cd}^{2+}$  em água pode ser reduzida pela precipitação, em meio alcalino, de  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ . Nesse sentido, considerando-se que o produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) do  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  seja igual a  $1,0 \times 10^{-14}$ , é correto concluir que a concentração residual de  $\text{Cd}^{2+}(\text{aq})$  em uma solução aquosa com comportamento ideal e pH igual a 10 será igual a



- a)  $1,0 \times 10^{-4}$  mol/L.
- b)  $1,0 \times 10^{-5}$  mol/L.
- c)  $1,0 \times 10^{-6}$  mol/L.
- d)  $1,0 \times 10^{-7}$  mol/L.
- e)  $1,0 \times 10^{-3}$  mol/L.

16. (CESPE - Téc. de Lab. - FUB - 2014) Com relação a secagem e calcinação de precipitados, julgue o item que se segue: a pesagem de um precipitado seco em chama deverá ser feita imediatamente após a remoção da chama.

17. (FCPC - Unilab - Téc. de Lab. – Química - 2019) Precipitados são sólidos insolúveis comumente obtidos no laboratório. Os precipitados devem ser lavados para remover as impurezas que são incorporadas ao sólido durante a precipitação. Quanto ao líquido ideal para a lavagem do precipitado marque o item com a afirmação correta.

- A) Não deve dissolver as impurezas.
- B) Usar volumes grandes do líquido na lavagem.
- C) Deve formar produtos insolúveis com o precipitado.
- D) Deve ser volátil na temperatura de secagem do precipitado.
- E) Deve estar em temperatura levemente acima da temperatura ambiente para aumentar a eficiência de lavagem.

18. (CESPE - Perito Criminal Federal - DPF - 2013) Tendo em vista que, apesar da grande variedade de métodos instrumentais disponíveis atualmente, diversos métodos clássicos ainda persistem como métodos padrão para diversas análises, a exemplo da gravimetria, julgue o item que se segue, relativo à análise gravimétrica e aos fatores que a influenciam. Nucleação e peptização são processos que favorecem a obtenção de precipitados com maior tamanho de partícula, o que facilita a filtração em gravimetria.

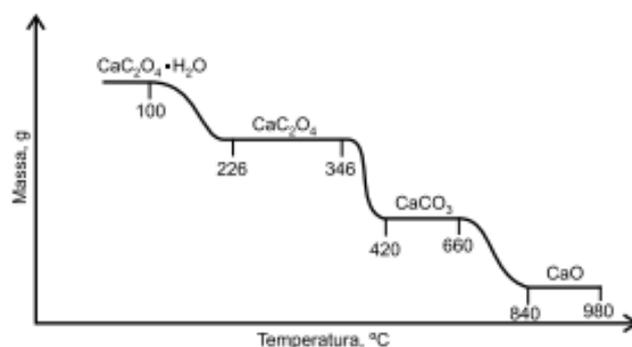
19. (IMA – Químico – Prefeitura Municipal de Caxias/MA - 2018) Marque a alternativa correta:

- A) Para efetuar uma análise gravimétrica, não podemos ter a formação de um precipitado.
- B) A análise gravimétrica ou gravimetria é um método analítico quantitativo cujo processo envolve a separação e pesagem de um elemento ou um composto do elemento na forma mais pura possível.
- C) A gravimetria engloba uma variedade de técnicas, em que a maioria envolve a transformação do elemento ou composto a ser determinado num composto impuro e instável e de estequiometria indefinida, cuja massa é utilizada para estabelecer a qualidade do analito original.



D) Em uma análise gravimétrica, não podemos utilizar cadinho de porcelana, papel filtro, funil e balança.

20. (VUNESP - Tec. de Lab. - UFABC - 2019) Considere a curva térmica a seguir.



(<https://slideplayer.es/slide/6144869/>)

A escolha da temperatura de calcinação na análise gravimétrica leva em conta a conversão do analito em uma forma de pesagem conhecida e estável. Analisando a curva térmica para o oxalato de cálcio hidratado, a calcinação a 500 °C, até que não se observe variação de massa, leva à formação de

- A) mistura de  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  e  $\text{CaCO}_3$
- B) mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaO}$
- C)  $\text{CaC}_2\text{O}_4$
- D)  $\text{CaCO}_3$
- E)  $\text{CaO}$

21. (IDECAN - Técnico em Química - CNEN - 2014) Para usar corretamente a balança analítica, deve-se adotar as seguintes precauções:

- I. Proteger a balança contra a corrosão. Os objetos a serem colocados sobre o prato, para receber o material a ser medido, devem ser limitados a metais inertes, plásticos inertes e materiais vítreos.
- II. Manter a balança e seu gabinete sempre, meticulosamente, limpos. Um pincel feito de pelos é útil na remoção de material derramado ou poeira. Nunca se deve deixar um material que, acidentalmente, tenha caído na balança permanecer em contato com ela por muito tempo. Limpar imediatamente.
- III. Sempre deixar o objeto que tenha sido aquecido retomar à temperatura ambiente antes de pesá-lo.
- IV. Utilizar uma pinça para prevenir a absorção da umidade dos dedos por objetos secos.

Estão corretas as afirmativas:

- a) I, II, III e IV.

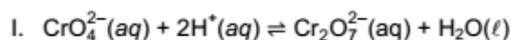


- b) I e II, apenas.  
c) I e III, apenas.  
d) III e IV, apenas.  
e) I, II e IV, apenas.

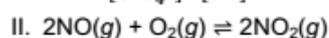
22. (Quadrix - SEDF - 2017) Com base nos conceitos de equilíbrio químico, julgue o item subsequente:

O equilíbrio químico ocorre quando há um equilíbrio dinâmico entre reagentes e produtos em uma reação química, ou seja, a condição na qual os processos direto e inverso ocorrem simultaneamente em velocidades iguais.

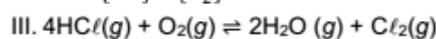
23. (COMVEST - UFAM - 2016) A seguir são apresentados itens com as reações de equilíbrio e as correspondentes constantes de equilíbrio em termos de concentração ( $K_c$ ):



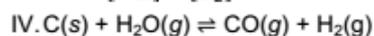
$$K_c = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] \times [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CrO}_4^{2-}] \times [\text{H}^+]^2}$$



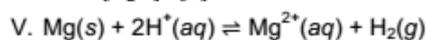
$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 \times [\text{O}_2]}$$



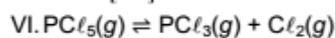
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \times [\text{Cl}_2]}{[\text{HCl}]^4 \times [\text{O}_2]}$$



$$K_c = \frac{[\text{CO}] \times [\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}] \times [\text{C}]}$$



$$K_c = \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{[\text{H}^+]^2}$$



$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente os itens I, II e V estão corretos  
b) Somente os itens I, III e VI estão corretas  
c) Somente os itens II, III e VI estão corretos  
d) Somente os itens II, IV e V estão corretas  
e) Somente os itens II, IV e VI estão corretos



24. (CESPE|CEBRASPE - Perito Criminal - SDS/PE - 2016) Considere que, na temperatura  $T_0$ , a constante de equilíbrio para a reação de decomposição do  $N_2O_4$  (g) apresentada a seguir seja igual a 4,0 e que o comportamento dos gases envolvidos nessa reação seja ideal.



De acordo com as informações do texto acima, se, em determinado instante, na temperatura  $T_0$ , as pressões parciais de  $N_2O_4$  (g) e  $NO_2$  (g) dentro de uma câmara forem iguais a 0,16 bar e 0,80 bar, respectivamente, então

- a) a reação não se encontrará em equilíbrio, mas as velocidades das reações direta e inversa serão iguais e diferentes de zero.
- b) a reação se encontrará em equilíbrio, e a velocidade tanto da reação direta quanto da reação inversa será igual a zero.
- c) a reação se encontrará em equilíbrio, e as velocidades das reações direta e inversa serão iguais.
- d) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação direta será superior à da reação inversa.
- e) a reação não se encontrará em equilíbrio, e a velocidade da reação inversa será superior à da reação direta.

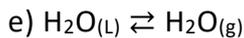
25. (CS-UFG - Analista de Saneamento - Biólogo - SANEAGO-GO - 2018) A filtração a vácuo é um método de separação de misturas heterogêneas que ocorre a uma velocidade maior que a filtração normal. O funil de Büchner é uma das vidrarias utilizadas para realizar esse método juntamente com

- a) a mufla.
- b) a tela de amianto.
- c) o picnômetro.
- d) o kitassato.

26. (VUNESP - Perito Criminal - PCSP - 2013) O aumento de pressão do sistema acarretará maior rendimento em produto do equilíbrio representado por:

- a)  $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$
- b)  $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$
- c)  $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$
- d)  $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2O_{2(g)}$





27. (IBFC - Perito Criminal/Eng. Química - PCRJ - 2013) A corrosão pode ter inúmeras causas, entre elas podemos citar os incêndios. Quando o fenômeno ígneo ocorre em edificações ou viadutos, pode colocar em risco a integridade física e o patrimônio dos cidadãos. Nos processos de corrosão do Ferro, há formação de ferrugem e, dependendo dos fatores que contribuem para este processo, pode-se minimizar ou até evitar o processo corrosivo. Na equação da reação abaixo está representado uma das formas de oxidação do ferro.



Marque a alternativa que apresenta o correto procedimento para dificultar este processo de corrosão:

- a) Retirar óxido férrico.
- b) Adicionar hidrogênio gasoso.
- c) Adicionar ferro metálico.
- d) Alterar a pressão do sistema reacional.
- e) Adicionar água.

28. (ESAF - Químico - MI - 2012) O fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ) apresenta risco quando reage com ácido sulfúrico concentrado formando ácido fluorídrico, que provoca corrosão de frascos de vidro. Indique a opção que mostra a solubilidade do  $\text{CaF}_2$ , em mol/L, em uma solução de fluoreto de sódio ( $\text{NaF}$ ) com concentração 0,010 mol/L. Dado:  $K_{ps}(\text{CaF}_2) = 3,9 \times 10^{-11}$

- a)  $2,1 \times 10^{-4}$
- b)  $4,4 \times 10^{-6}$
- c)  $3,9 \times 10^{-7}$
- d)  $2,1 \times 10^{-8}$
- e)  $3,9 \times 10^{-9}$

29. (IPAD - Perito Criminal/Química - PCPE - 2006) Em uma análise qualitativa, fluoreto de cálcio sólido foi adicionado, em pequenas quantidades e lentamente, a uma solução contendo íons fluoreto e carbonato. Sabendo-se que as concentrações de  $\text{F}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  são de  $5,0 \times 10^{-5}$  M e que os produtos de solubilidade do  $\text{CaCO}_3$  é de  $4,7 \times 10^{-9}$  e do  $\text{CaF}_2$  é  $1,7 \times 10^{-10}$ , pode-se dizer que nesse processo:

- a) o  $\text{CaCO}_3$  precipita primeiro.



- b) o  $\text{CaF}_2$  precipita primeiro.
- c) o  $\text{CaCO}_3$  e o  $\text{CaF}_2$  precipitam ao mesmo tempo.
- d) não ocorre precipitação de nenhum sal.
- e) o Kps do  $\text{CaF}_2$  não pode ser ultrapassado.



## GABARITO

GABARITO



1	E	17	D
2	C	18	E
3	A	19	B
4	E	20	D
5	A	21	A
6	C	22	C
7	D	23	C
8	D	24	C
9	B	25	D
10	D	26	B
11	D	27	B
12	D	28	C
13	A	29	A
14	C		
15	C		
16	E		



# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.