

# Precipitação

Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química



## Sumário

1 Os íons em solução	1
1.1 Os eletrólitos	1
1.2 A migração dos íons	1
2 As reações de precipitação	1
2.1 Os precipitados	2
2.2 As equações iônicas e iônicas simplificadas	2
2.3 A análise qualitativa	2
2.4 A análise quantitativa	3

## 1 Os íons em solução

### 1.1 Os eletrólitos

Uma **substância** solúvel dissolve-se em quantidade significativa em um determinado solvente. De modo geral, a menção da solubilidade sem indicação de um solvente significa *solúvel em água*. Uma **substância insolúvel** não se dissolve significativamente em um solvente especificado. Considera-se, normalmente, uma substância *insolúvel* quando ela não se dissolve mais do que cerca de  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ . A menos que seja especificado o contrário, o termo insolúvel significa *insolúvel em água*. O carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , por exemplo, que forma a pedra calcária e a pedra giz, dissolve-se para formar uma solução que contém somente  $0,01 \text{ g L}^{-1}$  (que corresponde a  $1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ ) e é considerado insolúvel. Essa insolubilidade é importante para o meio ambiente: morros e construções de pedras calcárias não são significativamente desgastados pela chuva.

Um soluto pode existir como íon ou como molécula. Você pode identificar a natureza do soluto descobrindo se a solução conduz uma corrente elétrica. Como a corrente é um fluxo de cargas, somente soluções que contêm íons conduzem eletricidade. Existe uma concentração muito pequena de íons na água pura (cerca de  $1 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ ) que não permite a condução significativa de eletricidade.

Um **eletrólito** é uma substância que conduz eletricidade mediante a migração de íons. As soluções de sólidos iônicos são eletrólitos porque os íons ficam livres para se mover após a dissolução. O termo **solução eletrolítica** é comumente utilizado para enfatizar que o meio é de fato uma solução. Alguns compostos, como os ácidos, formam íons quando se dissolvem e, por isso, produzem uma solução eletrolítica, ainda que não estejam presentes íons antes da dissolução. Por exemplo, o cloreto de hidrogênio é um gás formado por moléculas de  $\text{HCl}$ , mas, ao dissolver em água, reage com ela, formando o ácido clorídrico. Esta solução é formada por íons hidrogênio,  $\text{H}^+$ , e íons cloro,  $\text{Cl}^-$ .

Um não eletrólito é uma substância que não conduz eletricidade, mesmo em solução. Uma solução não eletrolítica é aquela que, devido à ausência de íons, não conduz eletricidade. Soluções de acetona e do açúcar ribose em água são soluções não eletrolíticas. Exceto pelos ácidos, a maior parte dos compostos orgânicos que se dissolvem em água forma soluções não eletrolíticas. Se você pudesse ver as moléculas de uma solução não eletrolítica,

constataria as moléculas de soluto intactas e dispersas entre as moléculas de solvente.

Um eletrólito forte é uma substância que está presente quase totalmente na forma de íons em solução. Três tipos de solutos são eletrólitos fortes: ácidos fortes e bases fortes e compostos iônicos solúveis. O ácido clorídrico é um eletrólito forte, assim como o hidróxido de sódio e o cloreto de sódio. Um eletrólito fraco é uma substância incompletamente ionizada em solução. Em outras palavras, a maior parte das moléculas permanece intacta. O ácido acético é um eletrólito fraco: em água nas concentrações normais, somente uma pequena fração das moléculas de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  se separa em íons hidrogênio,  $\text{H}^+$ , e íons acetato,  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ . Uma das formas de distinguir entre eletrólitos fortes e fracos é medir sua capacidade de conduzir eletricidade. Na mesma concentração molar de soluto, um eletrólito forte é um condutor melhor do que um ácido fraco.

#### EXEMPLO 1 Classificação de solutos como eletrólitos ou não eletrólitos

**Identifique** as substâncias como eletrólito ou não eletrólito e diga quais delas conduzem eletricidade quando dissolvidas em água:

- $\text{NaOH}$
- $\text{Br}_2$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
- $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

**O soluto em uma solução de eletrólito forte em água está na forma de íons que permitem a condução de eletricidade. Os solutos em soluções de não eletrólitos estão presentes como moléculas. Somente uma fração pequena de moléculas do soluto em soluções de eletrólitos fracos está presente como íons.**

### 1.2 A migração dos íons

Íons se movem em solução, e o estudo do seu movimento na presença de uma diferença de potencial fornece uma indicação do seu tamanho, do efeito da solvatação e detalhes do tipo de movimento que sofrem. A migração dos íons em solução é estudada por intermédio da medida da resistência elétrica de uma solução de concentração conhecida.

[FALAR DE BALANÇO DE CARGAS (onde?)]

## 2 As reações de precipitação

Quando duas soluções são misturadas, o resultado pode ser, simplesmente, uma nova solução que contém ambos os solutos. Em alguns casos, porém, os solutos reagem um com o outro. Por

exemplo, quando uma solução incolor de nitrato de prata em água é misturada a uma solução amarelada de cromato de potássio, forma-se um pó sólido de cor vermelha, indicando que uma reação química ocorreu.

## 2.1 Os precipitados

Vejamos o que acontece quando uma solução de cloreto de sódio (um eletrólito forte) é vertida em uma solução de nitrato de prata (outro eletrólito forte). A solução de cloreto de sódio contém cátions  $\text{Na}^+$  e ânions  $\text{Cl}^-$ . De modo análogo, a solução de nitrato de prata,  $\text{AgNO}_3$ , contém cátions  $\text{Ag}^+$  e ânions  $\text{NO}_3^-$ . Quando as duas soluções se misturam em água, forma-se imediatamente um **precipitado**, um depósito de sólidos finamente divididos. A análise mostra que o precipitado é cloreto de prata,  $\text{AgCl}$ , um sólido branco insolúvel. A solução incolor que permanece acima do precipitado de nosso exemplo contém cátions  $\text{Na}^+$  e ânions  $\text{NO}_3^-$  dissolvidos. Esses íons permanecem em solução porque o nitrato de sódio,  $\text{NaNO}_3$ , é solúvel em água.

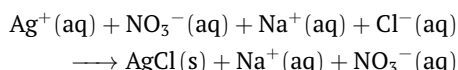
Em uma **reação de precipitação**, forma-se um produto sólido insolúvel quando duas soluções eletrolíticas são misturadas. Quando uma substância insolúvel forma-se em água, ela precipita imediatamente. Na equação química de uma reação de precipitação, (aq) é usado para indicar as substâncias que estão dissolvidas em água e (s) para indicar o sólido que precipitou:



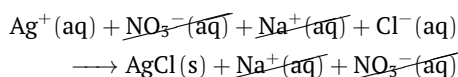
**Ocorre uma reação de precipitação quando duas soluções de eletrólitos são misturadas e eles reagem para formar um sólido insolúvel.**

## 2.2 As equações iônicas e iônicas simplificadas

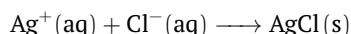
Uma **equação iônica completa** de uma reação de precipitação mostra todos os íons dissolvidos. Como os compostos iônicos dissolvidos existem como íons em água, eles são listados separadamente. Por exemplo, a equação iônica completa da precipitação do cloreto de prata, é:



Como os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  aparecem como reagentes e produtos, eles não influenciam diretamente a reação. Eles são **íons espectadores**, isto é, íons que estão presentes durante a reação, mas que permanecem inalterados, como espectadores em um evento esportivo. Como os íons espectadores permanecem inalterados, eles podem ser cancelados em cada lado da equação, simplificando-a:



O cancelamento dos íons espectadores leva à **equação iônica simplificada** da reação, a equação química que só mostra as trocas que ocorrem durante a reação:



A equação iônica simplificada mostra que os íons  $\text{Ag}^+$  se combinam com os íons  $\text{Cl}^-$  e precipitam como cloreto de prata,  $\text{AgCl}$ .

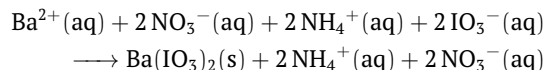
### EXEMPLO 2 Escrever uma equação iônica simplificada

A adição de uma solução concentrada de iodato de amônio,  $\text{NH}_4\text{IO}_3(\text{aq})$ , a uma solução de nitrato de bário em água,

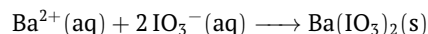
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ , forma o iodato de bário,  $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2(\text{s})$ , um precipitado insolúvel.

**Determine** a equação iônica simplificada da reação.

**Etapa 1.** Escreva a equação iônica completa, que mostra os íons dissolvidos.



**Etapa 2.** Cancele os íons espectadores.



**Uma equação iônica completa expressa uma reação em termos dos íons presentes em solução. Uma equação iônica simplificada é a equação química que permanece após a eliminação dos íons espectadores.**

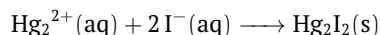
## 2.3 A análise qualitativa

Uma das muitas aplicações das reações de precipitação utiliza duas soluções que, quando misturadas, formam o precipitado insolúvel que se deseja obter. Este composto insolúvel pode ser separado da mistura de reação por filtração. As reações de precipitação também são usadas na análise química. Na **análise qualitativa** -- a identificação das substâncias presentes em uma amostra --, a formação de um precipitado é usada para confirmar a identidade de certos íons.

As regras de solubilidade resume os padrões de solubilidade observados em compostos iônicos comuns em água. Observe que todos os nitratos e todos os compostos comuns de metais do Grupo 1 são solúveis e, portanto, são úteis como soluções de partida em reações de precipitação. Pode-se usar quaisquer íons espectadores porque eles permanecem em solução e, em princípio, não reagem.

Compostos solúveis	Exceções insolúveis
Cátions de metais alcalinos ( $\text{Li}^+$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Rb}^+$ , $\text{Cs}^+$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ )	
Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), acetatos, ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ), bicarbonatos, ( $\text{HCO}_3^-$ ), cloratos, ( $\text{ClO}_3^-$ ), e percloratos ( $\text{ClO}_4^-$ )	
Haletos ( $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{I}^-$ )	Haletos de $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}_2^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	Sulfatos de $\text{Ag}^+$ , $\text{Hg}_2^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ , $\text{Ba}^{2+}$
Compostos insolúveis	Exceções solúveis
Carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), cromatos ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ), sulfetos ( $\text{S}^{2-}$ )	Metais alcalinos e amônio
Hidróxidos ( $\text{OH}^-$ )	Cátions de metais alcalinos, amônio e $\text{Ba}^{2+}$

As regras de solubilidade, por exemplo, mostram que o iodeto de mercúrio(I),  $\text{Hg}_2\text{I}_2$ , é insolúvel. Ele se forma por precipitação quando duas soluções que contêm íons  $\text{Hg}_2^{2+}$  e íons  $\text{I}^-$  são misturadas:



Como os íons espectadores não aparecem, a equação iônica simplificada será a mesma se qualquer composto solúvel de mercúrio(I) for misturado com qualquer iodeto solúvel.

### EXEMPLO 3 Predição do resultado de uma reação de precipitação

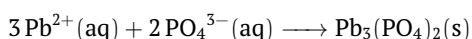
Soluções de fosfato de sódio e nitrato de chumbo(II) em água são misturadas.

**Apresente** a equação iônica simplificada da reação.

**Etapa 1.** As soluções misturadas contêm íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{NO}_3^-$ . Todos os nitratos e compostos dos metais do Grupo 1 são solúveis, mas os fosfatos de outros elementos são geralmente insolúveis.

Por isso, os íons  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  formam um composto insolúvel, e o fosfato de chumbo(II),  $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ , precipita.

**Etapa 2.** Escreva a equação iônica simplificada. Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  são espectadores, logo, podem ser omitidos.



*As regras de solubilidade são usadas para prever o resultado das reações de precipitação.*

## 2.4 A análise quantitativa

Na **análise quantitativa**, o objetivo é determinar a quantidade de cada substância ou elemento presente na amostra. Em específico, na **análise gravimétrica**, que é utilizada no monitoramento ambiental, a quantidade da substância presente é determinada com base na medida da massa. Nessa aplicação, um composto insolúvel precipita, o depósito é filtrado e pesado, e a quantidade de substância em uma das soluções originais é calculada.

[EXEMPLO ANÁLISE QUANTITATIVA]