

SIMULAR A OCORRÊNCIA DE CHUVAS ÁCIDAS DEVIDA A ÓXIDOS DE ENXOFRE

INTRODUÇÃO

Um ácido pode ser definido como uma espécie química que doa protões H^+ numa reacção química. A espécie química que aceita esses protões H^+ , nesta reacção química, é designada por base. A reacção química em que isto ocorre é chamada de reacção de ácido-base. Esta teoria de transferência de protões durante a ocorrência de uma reacção química é conhecida como a teoria de Brønsted e Lowry para ácidos e bases (Burton, Holman, Pilling e Waddington, 1994).

A classificação de soluções ácidas, básicas (alcalinas) ou neutras é realizada com base na concentração de protões H^+ presentes na solução. As soluções que têm uma concentração de protões H^+ elevada, maior do que a da substância água à temperatura de 25°C, são designadas por ácidas. Se as soluções têm concentrações de protões H^+ , menores do que a presente na substância água à temperatura de 25°C, são designadas de básicas ou alcalinas.

O bioquímico dinamarquês Sorensen, considerando o facto das concentrações dos iões H^+ serem, muitas vezes, reduzidas, sugeriu que fossem expressas por potências de base 10 (expressão 3). Devido ao facto de nestas potências, o expoente não ser obrigatoriamente um número inteiro, propicia caracterizar-se a acidez de uma solução através do simétrico do expoente da potência, o pH.

$$[H^+] = 10^{-pH} \text{ (mol dm}^{-3}\text{)}$$

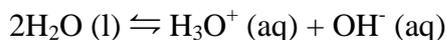
Ao aplicar o operador matemático logaritmo, obtém-se a seguinte expressão:

$$pH = - \log [H^+]$$

A escala de Sorensen ou escala de pH considera as concentrações de H^+ das soluções a 25 °C e aponta valores entre 0 e 14, sendo o valor 7 correspondente à concentração de H^+ na substância água, a esta temperatura (25°C), as soluções, com este valor de pH (pH = 7), são chamadas soluções neutras.

A reacção de auto-ionização (ou auto-protólise) da água também é classificada como uma reacção de ácido-base, pelo que existe a troca de um protão, verificando-se que a água tem, simultaneamente, um comportamento ácido e básico. As espécies

químicas com este tipo de comportamento são designadas por anfotéricas ou anfipróticas. A água é uma substância anfotérica. A reacção de auto-ionização da água pode ser traduzida pela seguinte equação química:



A 25°C $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$. Atendendo ao facto de que ocorre a captação do ião H^+ por uma molécula de água, considera-se que $[\text{H}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ e o pH também pode ser definido por:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

e o pOH pode ser definido por:

$$\text{pOH} = - \log [\text{OH}^-]$$

A 25°C,

$$\text{pH} = \text{pOH} = 7$$

ou então,

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

A constante da reacção da auto-ionização da água é definida pela expressão

$$K_{\text{W}} = [\text{H}_3\text{O}^+] [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ (a 25°C)}$$

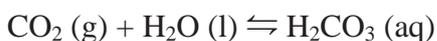
Como se pode constatar, a constante K_{W} tem um valor extremamente pequeno, o que faz com que a reacção de auto-ionização da água seja pouco extensa no sentido directo (sentido de formação dos produtos de reacção). A extensão da reacção é alterada, pois o equilíbrio é alterado pela variação de temperatura a que ocorre a auto-ionização, tendo como consequência a alteração da concentração dos iões em equilíbrio.

Esta actividade laboratorial consiste em simular e interpretar a ocorrência de chuva ácida devida a óxidos de enxofre.

Antes de definir chuva ácida é importante referir que “chuva ácida” não tem que ser necessariamente chuva, pode ser qualquer forma de precipitação atmosférica. Chuva

ácida é definida como nevoeiro, neve ou chuva com um pH inferior a 5, o pH médio da precipitação atmosférica na ausência de poluição atmosférica (Freeman *et al*, 2002).

O facto do pH da água da chuva, sem poluição atmosférica, ser ligeiramente ácido (pH \cong 5, a 25°C) deve-se principalmente à reacção do dióxido de carbono atmosférico com a água. Esta reacção química tem como produto o ácido carbónico.



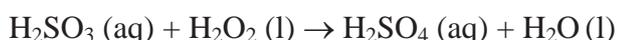
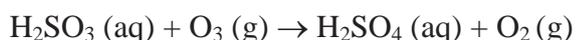
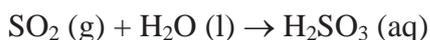
A solução diluída de ácido carbónico precipita na Terra sob a forma de chuva, neve ou nevoeiro (Freeman *et al*, 2002).

Na atmosfera a chuva ácida é formada a partir de diferentes gases poluentes de origem antropogénica (origem humana) e outros de origem natural, entre os gases de origem antropogénica e natural encontram-se os óxidos de enxofre, nomeadamente o dióxido de enxofre (SO₂).

Grande parte do dióxido de enxofre que é libertado na atmosfera tem origem nas emissões antropogénicas directas principalmente devidas à combustão do carvão e do fuel em centrais termoeléctricas. A partir de processos fotoquímicos ou catalíticos, parte do dióxido de enxofre que é libertado na atmosfera oxida-se a trióxido de enxofre (SO₃). São estes óxidos de enxofre (dióxido e o trióxido de enxofre) que reagem com a água existente na atmosfera formando, assim, os ácidos sulfuroso (H₂SO₃) e sulfúrico (H₂SO₄), respectivamente.

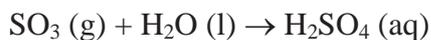
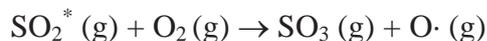
Existem dois processos de oxidação do dióxido de enxofre: o processo de oxidação heterogénea (em que os intervenientes na reacção química estão em diferentes estados físicos) e o processo de oxidação homogénea (em que os intervenientes na reacção química estão todos no mesmo estado físico).

O processo de oxidação heterogénea do dióxido de enxofre pode ocorrer na superfície das gotas de água, dado que o dióxido de enxofre possui uma elevada solubilidade em água. Neste processo de oxidação, os principais agentes oxidantes são o ozono (O₃) e o peróxido de hidrogénio (H₂O₂). Estes processos podem ser traduzidos pelas seguintes equações químicas, respectivamente:



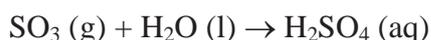
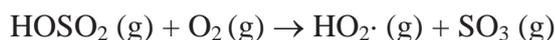
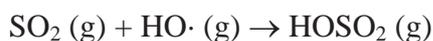
No processo de oxidação homogénea pode distinguir-se os ácidos que são produzidos por foto – oxidação directa do dióxido de enxofre, com prévia excitação das

suas moléculas, dos que são produzidos por acção de agentes oxidantes, tais como o radical hidroxilo. Sendo assim, por foto-oxidação directa as reacções que ocorrem podem ser traduzidas pelas seguintes equações químicas:



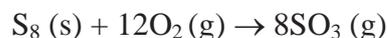
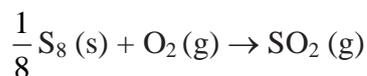
onde, h representa a constante de Planck, ν representa a frequência da radiação absorvida pela molécula de dióxido de enxofre, λ representa o comprimento de onda respectivo a essa frequência, SO_2^* representa a molécula de dióxido de enxofre excitada e $\text{O} \cdot$ representa o radical oxigénio.

Por outro lado, por acção de agentes oxidantes, as reacções que ocorrem podem ser traduzidas pelas seguintes equações químicas:

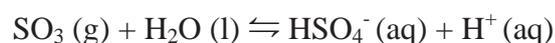
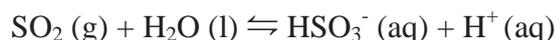


onde, $\text{HO} \cdot$ representa o radical hidroxilo e $\text{HO}_2 \cdot$ representa o radical peroxilo.

Nesta actividade laboratorial, para produzir óxidos de enxofre, mais especificamente, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, recorre-se à combustão do enxofre. Nesta reacção química o enxofre, quando aquecido, entra em combustão, reage com o oxigénio do ar dando origem a dióxido de enxofre e a trióxido de enxofre, dois dos gases poluentes emitidos para atmosfera pelo ser humano. Estas reacções de combustão podem ser traduzidas pelas seguintes equações químicas:



Posteriormente estes gases reagem com a água dando origem aos ácidos sulfuroso e sulfúrico, estas reacções de ácido-base podem ser traduzidas segundo as seguintes equações químicas:



tornando, assim, a água ácida.

Esta actividade teve por base uma proposta de University of Wisconsin-Madison: Chemistry Department - Demonstration Lab (2000).