Sumário:

- As assimetrias da distribuição da água no planeta Terra
- Diminuição da qualidade e aumento de consumo
- A água, um dos maiores problemas do futuro
- A acidez da água da chuva
-Valor do pH

- da água destilada em atmosfera aberta (a 25 °C)
- da água destilada em atmosfera fechada (a 25 °C)
- da água pura (a 25 °C)

-Chuva ácida

As assimetrias da distribuição da água no planeta Terra

Da pequena parte da água total disponível para a vida na Terra, a distribuição dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais não é, uniforme no planeta. O problema complica-se, ainda, com a irregularidade dos débitos anuais, pelas variações de precipitação e estiagens e com as modificações da sua qualidade devido ao uso e à poluição .Mais de 97% da água constitui os mares e oceanos. A água nas zonas continentais, na maioria água doce, é proveniente das chuvas. Note-se, porém, que se podem encontrar águas continentais salobras ou mesmo muito salgadas como, por exemplo, as do Mar Morto, cuja elevada salinidade das águas impede o desenvolvimento de quase toda a espécie de vida. As águas continentais podem encontrar-se na forma líquida ou sólida, em movimento ou estagnadas, à superfície ou subterrâneas.
Na Terra, a distribuição por regiões da precipitação das chuvas e o escoamento anual médio e a captação de água apresentam elevadas disparidades. Actualmente, nove países(Brasil, Federação Russa, China, Canadá, Estados unidos, Colômbia, Peru e Índia) partilham cerca de 60% das reservas naturais de água doce no Mundo. Num relatório do Banco Mundial de 1995, constavam 80 países, comportando 40% da população mundial, com notoria escassez de água, e sendo essa escassez um impedimento para o seu desenvolvimento. Em alguns países mais de 60% da população não tem acesso à água potável(Cambodja, Chade, Etiópia, Mauritânia, Afeganistão, Omã…).

Diminuição da qualidade e aumento de consumo

A qualidade que deve ter uma água depende da utilização a que se destina. A utilização da água está presente num grande número de actividades humanas: na agricultura, nas indústrias, no consumo doméstico, como meio de transporte e até na recreação. A agricultura e as indústrias são sectores que utilizam grandes quantidades de água. O consumo doméstico da água é uma das aplicações mais importantes e atinge valores elevados, especialmente nos países desenvolvidos.
Por questão de segurança, num levantamento geral da qualidade da água, é habitual ter-se como referência a água para abastecimento público, particularmente a água para beber, embora não seja necessariamente o uso que exige maior grau de pureza.
O aumento desenfreado (em quantidade e em diversidade) da utilização da água, a pouca preocupação do Homem com os problemas ambientais, o uso excessivo e descontrolado de produtos químicos e os desastres ecológicos são factores que fazem diminuir a qualidade da água em termos globais.
Muita água torna-se imprópria para consumo e para determinado uso - diz-se que está poluída. Vejamos alguns exemplos:
. Muitos produtos usados na agricultura, como fertilizantes químicos e pesticidas, são arrastados pelas águas das chuvas ou infiltram-se no solo, aumentando a poluição da água.

. As indústrias também deitam para os rios águas com restos de produtos químicos, que provocam a poluição da água. Nos países mais desenvolvidos, o tratamento da água é obrigatório e fiscalizado.
. Um dos produtos transportados por mar é o petróleo que causa grandes problemas quando há algum acidente com os barcos petroleiros.
Por outro lado, o consumo médio aumenta constantemente . Como a população mundial que era de 1600 milhões em 1900 já quadruplicou, pode inferir-se que as necessidades de água aumentaram quase 20 vezes durante o século XX. A má qualidade da água disponível é muitas vezes um factor determinante para a sua escassez, sobretudo nos grandes aglomerados populacionais, onde o mau planeamento e a poluição obrigam
a procurar mananciais e fontes de alimentação cada vez mais afastados e acarretam inúmeros outros problemas, desde as inundações catastróficas às doenças infecciosas.
Aproximadamente, 80% de todas as doenças de origem hídrica e mais de um terço das mortes em países em desenvolvimento são causadas pelo consumo de água contaminada. A água de má qualidade gera altos índices de doenças poderiam ser reduzidas por desinfecção da água com cloro controlada para não exceder as recomendações da Organização Mundial de Saúde (250 mg por litro de água).

A água, um dos maiores problemas do futuro

A água, é vital para o sistema de sustentação da biosfera terrestre, pois tem um papel fundamental em muitas das funções que ocorrem nos organismos dos seres vivos.
Como, no entanto, somente uma pequena parte da água total está à disposição da vida na Terra e mesmo essa quantidade está a diminuir progressivamente, a Terra corre o risco de esgotar a água limpa.
Em 1950, a reserva mundial de águas continentais era estimada em 17 000 m^3 por pessoa por ano. Com o crescimento demográfico associado à industrialização, à tendência para a urbanização e à intensificação agrícola, os recursos de água renovável e disponível desceram para 7500 m^3 por pessoa por ano em 1995 e devem ser inferiores a 5000 m^3 por pessoa por ano em 2025.
Tendo em conta o aumento demográfico, a contaminação dos recursos hídricos e a assimetria da sua distribuição na Terra, a escassez de água doce constitui uma alarmante fonte de preocupações. Um relatório do Banco Mundial, datado de 1995, alerta para o facto de que "as guerras do século XXI serão por causa da água e não do petróleo ou da política". A principal diferença entre as crises do petróleo e a crise da água é que esta afecta muito seriamente os países em desenvolvimento, onde milhões de pessoas (a maioria, crianças!) morrem por falta de água ou por ingestão de água de má qualidade.
Uma pesquisa realizada pela ONU em 118 países permitiu fazer uma projecção para o ano 2025: 17 países não terão água suficiente para manter o nível de produção agrícola nem satisfazer as suas necessidades industriais e domésticas e outros 50 países verão comprometido seriamente o seu desenvolvimento. A ONU aponta duas soluções básicas para diminuir a escassez de água: aumentar a sua disponibilidade e utilizá-la mais eficazmente.

A acidez da água da chuva

O ciclo hidrológico permite trazer volta à Terra parte da água que foi "perdida" para a atmosfera, por evaporação da água dos oceanos, dos rios e de outras águas de superfície, bem como através da transpiração das plantas. Aí, na atmosfera, o vapor de água pode condensar, por arrefecimento, e dar origem a precipitação (chuva, neve ou granizo).
Devido à dissolução do dióxido de carbono atmosférico, a chuva que cai sobre a superfície do planeta torna-se ácida, pois formam-se iões H+(aq) e iões HCO_3^-(aq).
A equação química que traduz essa reacção é a seguinte:
$CO_2(g) + H_2O(l) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H^+(aq)$

A chuva "normal" é ácida por causas naturais, mas a água da chuva pode apresentar diferentes graus de acidez. Assim, quanto maior for a quantidade de dióxido de carbono dissolvido, e/ou de óxidos de enxofre, de azoto e de outros gases de origem antropogénica, mais ácida é essa chuva.
O limite inferior e actual do pH da água da chuva "normal" é (pH = 5,6), à temperatura de 25 ^{o}C.
Tomando como referência este valor de pH, podemos dizer que:
. A chuva "normal" tem pH: 5,6 < pH < 7 (a 25 ^{o}C).
. A chuva ácida tem pH < 5,6 (a 25 ^{o}C).
A chuva "normal" é ácida; tem, dissolvido, dióxido de carbono e outros poluentes atmosféricos, para além de partículas que se encontram em suspensão na atmosfera.
O seu pH é:
5,6 < pH < 7 (a 25 ºC)

Valor do pH

- **da água destilada em atmosfera aberta (a 25 ºC)**
- **da água destilada em atmosfera fechada (a 25 ºC)**
- **da água pura (a 25 ºC)**

Se compararmos o valor do pH da água da chuva com o da água destilada, em atmosfera aberta e em atmosfera fechada (água recém-destilada), verificamos que o pH da água destilada em atmosfera aberta é ácido, tal como o pH da água da chuva; mas, se a água destilada tiver sido mantida em recipiente fechado, o valor do seu pH já é próximo de 7, a 25 ^{o}C.
Com efeito, a água destilada, quando exposta ao ar, dissolve dióxido de carbono atmosférico, tornando-se ácida. A sua acidez deve-se, tal como na chuva "normal", à dissolução de dióxido de carbono.
A água pura, como é só água, não contém partículas dissolvidas que a tornem ácida ou alcalina. O valor do seu pH é, portanto, 7, a 25 ^{o}C.
Água gaseificada: acidificação artificial provocada pelo dióxido carbono.

CHUVA ÁCIDA

Embora possam ser causadas por processos naturais (como, por exemplo, erupções vulcânicas), os gases que originam as chuvas ácidas são, fundamentalmente, óxidos de enxofre e de azoto de origem antropogénica.
Estima-se que, por ano, sejam lançados na atmosfera cerca de 60 milhões de toneladas de dióxido de enxofre, SO_2. Este óxido, que provoca chuvas ácidas, embora possa ter origem natural, é gerado sobretudo pela combustão dos combustíveis fósseis e pela calcinação de sulfuretos metálicos. Também os óxidos de azoto, emitidos por veículos motorizados, fábricas de ácido nítrico e fertilizantes, centrais termoeléctricas, siderurgias e fábricas de aço, são poluentes atmosféricos que dão origem a chuvas ácidas.
Quando as chuvas ácidas atingem a Terra, os seus efeitos nefastos fazem-se sentir de forma mais ou menos imediata: dissolvem" mármores e materiais calcários, "atacam" estruturas metálicas por oxidação, baixam o pH de lagos e rios, modificando as condições de vida das espécies que os habitam, destroem florestas por danificação de folhas e folículos. Os prejuízos causados pelas chuvas ácidas são incalculáveis.
Mas, a agravar os efeitos produzidos pela própria chuva ácida, há a sua combinação com a matéria particulada ácida depositada nos edifícios, monumentos, árvores, estruturas metálicas, automóveis, etc. Estas partículas vão acidificar ainda mais a chuva, agravando as consequências.
A chuva "normal" é, um pouco ácida. Tal facto deve-se à dissolução do dióxido de carbono atmosférico pela água da chuva.

Uma chuva "normal" (precipitação natural) tem um valor de pH que varia, em média, entre 5,6 e 7, à temperatura de 25 ^{o}C. O limite inferior e actual do pH da água da chuva-normal é 5,6, a 25 ^{o}C.

A chuva ácida tem um pH inferior a 5,6, a 25 ^{o}C. A chuva ácida deve-se à poluição atmosférica provocada, fundamentalmente, por óxidos de enxofre, azoto e outros, quando combinados com a humidade atmosférica, que lhe confere um pH inferior a 5,6.

São lançados diariamente na atmosfera produtos resultantes de actividades naturais (erupções vulcânicas, tempestades de pó e areia) e produtos resultantes de actividades antropogénicas (gases provenientes de processos industriais que envolvem combustões, centrais termoeléctricas, emissões de veículos motorizados, incineração e outras) que constituem os poluentes atmosféricos.

Grande parte destes poluentes atmosféricos sofrem fenómenos de acidificação na atmosfera, regressando à Terra, ao fim de algum tempo, sob a forma:

. "húmida" - como chuva, nevoeiro e neve

. "seca" - como deposição de matéria particulada

A combinação destas duas formas de precipitação sobre a superfície da Terra é conhecida por chuva ácida.

Efeitos mais prejudiciais da chuva ácida

Algumas das principais consequências da chuva ácida nos ecossistemas e no património arquitectónico natural e edificado são:

- Destruição de florestas por danificação de folhas e folículos.
- Acidificação da água de lagos e de rios, provocando a morte de peixes, plantas aquáticas e microrganismos.
- Aumento da lixiviação de solos alcalinos por reacção de ácido-bas e diminuindo os teores em iões Ca^{2+}, Mg^{2+}e K^{+}, necessários aos vegetais. Estes catiões são substituídos por H^{+} acidificando os solos.
- Reacção com mármores e materiais calcários, provocando a deterioração do património natural e/ou edificado.
- Reacção com alguns metais, deteriorando construções metálicas e pinturas de automóveis.
- Os efeitos dos óxidos de azoto e de enxofre sobre a nossa saúde são também significativos. A dissolução de CO_2 e $S0_2$ na água que os órgãos respiratórios contêm provoca complicações respiratórias e pulmonares. Para além disso, esta acidificação fragiliza os brônquios face a infecções microbianas. Mais graves são os efeitos do monóxido de carbono (CO), pois este provoca asfixia, mesmo em teores muito baixos.

Formação , na atmosfera, da chuva ácida a partir de óxidos de enxofre e de azoto

Formação de ácido sulfúrico, na atmosfera, a partir de óxidos de enxofre

A maior parte do dióxido de enxofre, SO_2, que é lançado na atmosfera, resulta de emissões antropogénicas directas devidas à combustão do carvão e do fuel em centrais termoeléctricas.

O dióxido de enxofre emitido para a atmosfera sofre, em pouco tempo, uma oxidação a trióxido de enxofre, SO_3, por processos de natureza fotoquímica ou catalítica.

Qualquer que seja o mecanismo de oxidação, o resultado final é a formação de ácido sulfúrico, H_2SO_4 (devido à reacção do SO_3 com o vapor de agua) , de sulfatos de amónio e sulfatos metálicos, por reacção do H_2SO_4 com partículas dos mesmos, existentes na atmosfera.

Formação de ácido nítrico, na atmosfera, a partir de óxidos de azoto

Os óxidos de azoto (NOx) emitidos para a atmosfera evoluem de forma complexa. segundo mecanismos que não são bem conhecidos. O resultado final destas oxidações é a formação de HNO_3, presente nas neblinas ácidas das primeiras horas do dia, o qual, posteriormente, se deposita sob a forma de chuva ácida ou de nitratos, obtidos por reacção com partículas de metais ou de amoníaco presentes na atmosfera.

$NO_3 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HO.$

$N_2O_5 + H_2O \longrightarrow 2\ HNO_3$

Importância do conhecimento químico na resolução de problemas ambientais

Os processos de formação dos contaminantes atmosféricos são muitos e variados. Para reduzir as suas emissões e/ou os seus efeitos, é necessário não só identificá-las, como também conhecer a sua origem e o modo como reagem. Só assim poderão ser seleccionados os processos químicos mais adequados, no sentido de melhorar o ambiente.

Por exemplo, o óxido de cálcio, CaO, também conhecido por cal viva, é adicionado a lagos e solos afectados pela chuva ácida, para elevar os seus valores de pH.

Este óxido reage com a água, originando o hidróxido de cálcio, $Ca(HO)_2$ que, como substância alcalina que é, eleva o pH das águas dos lagos e dos solos, por reacção de ácido-base.

Controlo da deposição ácida

o controlo da deposição ácida pode ser efectuado por dois processos:

A - Depois de chegar à Terra - por diminuição da "acidez"

Esta diminuição da acidez de solos e águas pode ser feita usando um composto barato de características básicas como o carbonato de cálcio. A acidificação dos lagos é tratada desta forma embora seja preciso repetir o tratamento com maior frequência do que em relação aos solos.

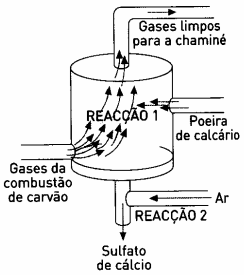
B - Antes de serem lançados para a atmosfera - redução das emissões nas fontes

Este é considerado o melhor processo pois "ataca" o problema logo na origem.

B_1 - As emissões de dióxido de enxofre (SO_2)

Cerca de dois terços das emissões de dióxido de enxofre têm origem na produção de energia nas centrais termoeléctricas onde se queima carvão.

Idealmente, o enxofre deveria ser removido do carvão antes da queima, mas esta operação é difícil de realizar. Um processo mais simples seria a remoção do dióxido de enxofre dos efluentes gasosos após a queima, através da dessulfurização, como o esquema da figura indica. Este processo agrava o preço da energia eléctrica em cerca de 10%.



Reacção 1

$CaCO_3 + SO_2 \longrightarrow CaSO_3 + CO_2$

Reacção 2

$CaSO_3 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CaSO_4$

Fig. 32 *Diagrama simplificado da dessulfurização.*

B-Emissões de óxidos de azoto(NO_2)

A remoção dos óxidos de azoto na fonte é uma medida preventiva muito importante pois, para a em de deixarem de poluir o ambiente, podem vir a ser convertidos em ácido nítrico e usados como catalisadores, por exemplo, na produção de ácido sulfúrico.

Pensa-se que os maiores "produtores" de óxidos de azoto são os veículos motorizados e as fornalhas das centrais termoeléctricas, pelo que o melhor processo para diminuir estas emissões será o controlo das condições de combustão, nomeadamente a temperatura e a proporção combustível/ar, na mistura explosiva, de forma a controlar a extensão da reacção entre o azoto e o oxigénio.

Para a diminuição de emissão de óxidos de azoto nos veículos motorizados pode ainda pensar-se em:

- diminuição da velocidade de circulação;
- design do motor que utilize uma proporção inferior de combustível/ar;
- utilização de conversores catalíticos (actualmente já obrigatórios).

Como eliminar as causas e corrigir os efeitos da deposição ácida

Para resolver o problema da "chuva ácida" é necessário perceber o processo pelo qual ela causa problemas ao ambiente e o tipo de alterações que é necessário introduzir nas fontes poluidoras. As respostas a estas questões ajudam os responsáveis a controlar a poluição do ar e ainda a reduzir ou, até, eliminar a chuva ácida.

A nível industrial, uma vez que existem muitas soluções para o problema, os responsáveis terão de escolher as opções ou a combinação de opções, que sejam mais eficientes para o resolver, como, por exemplo:
. usando carvão sem enxofre;
. procedendo à "limpeza" dos efluentes gasosos;
. utilizando diferentes processos tecnológicos;
. usando fontes de energias alternativas;
. diminuindo os consumos de energia;
. restaurando o ambiente danificado

A necessidade de estabelecer acordos internacionais para reduzir a chuva ácida

Devido às grandes distâncias percorridas pelos óxidos de enxofre e de azoto transportados pelos ventos, as chuvas ácidas
não atingem apenas as regiões onde estes são emitidos. O problema da chuva ácida assume proporções internacionais.
Por exemplo, a maior parte da precipitação ácida que cai na Escandinávia tem origem nas zonas industrializadas da Europa Central e do Reino Unido e a que cai no leste do Canadá tem origem nos Estados Unidos.
Para minorar estes problemas ambientais tiveram e têm sido estabelecidos acordos internacionais.