

Versão Online    ISBN 978-85-8015-040-7  
Cadernos PDE

VOLUME II

O PROFESSOR PDE E OS DESAFIOS  
DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE  
Produção Didático-Pedagógica

2008

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO  
SUPERINTENDÊNCIA DE EDUCAÇÃO  
DIRETORIA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS EDUCACIONAIS  
COORDENAÇÃO ESTADUAL DO PDE

Fernando Lacerda

PRODUÇÃO DIDÁTICO – PEDAGÓGICA PDE 2008

CURITIBA  
2010  
Fernando Lacerda

# O Estudo dos Métodos de Obtenção de Água potável Frente ao Desafio do Século XXI.

Trabalho apresentado como requisito parcial para avaliação do Curso do PDE (Programa de Desenvolvimento Educacional). Colégio Estadual Senhorinha de Moraes Sarmiento.

Orientador: Professor Paul Fernand Milcent.

CURITIBA  
2010

## Introdução

O que determinou a sobrevivência do seres vivos sempre foi a sua capacidade de adaptação e o conhecimento que ele adquiriu frente aos desafios que a vida impõe a todos em seus ambientes. Se as necessidades humanas poderiam ser colocadas por ordem de importância certamente uma das primeiras se não a primeira seria a água. Então o conhecimento sobre esta substância e a sua importância em nossas vidas vai determinar o êxito ou fracasso de uma determinada civilização. A presença da água e de qualidade e principalmente da quantidade disponível hoje em dia está sendo um dos desafios da humanidade para o desenvolvimento de uma civilização com qualidade de vida. Para isto, será necessário o preparo de um ser humano consciente e preparado para um desenvolvimento sustentável, isto é, com uma formação que proporcione a ele, a capacidade de discutir as ações necessárias para que as metas sejam alcançadas, e no futuro esteja garantida a sua sobrevivência.

Os textos selecionados neste trabalho têm a intenção de ajudar para que se tenha a oportunidade de tomar conhecimento de uma parte realidade na qual o leitor está inserido e conhecer o que está sendo feito e as possibilidades para resolver os problemas atuais e futuros da captação, abastecimento e tratamento de água que a humanidade estará exposta, pelo modelo de desenvolvimento adotados no século passado e que se mostra insuficiente para resolver os vários desafios que está pela frente.

## 1º texto: O ciclo da água e as conseqüências ambientais.

Segundo (HARA 1994), a terra apresenta cerca de 70% de sua superfície coberta pela água.

A água é encontrada na terra nos três estados físicos: líquido, sólido e gasoso. O estado físico em que a água se encontra é determinado principalmente pela temperatura, que varia de uma determinada área para a outra. Basicamente o que determina a temperatura de uma região é a quantidade de energia que ela recebe do sol. À pressão normal (1 atm) a água se apresenta líquida na faixa de temperatura que fica entre 0 °C e 100 °C. Acima de 100° C, ela passa de líquido para vapor; abaixo de 0° ela se solidifica.

As grandes superfícies aquáticas são aquecidas pelos raios solares, e o calor, juntamente com a ação dos ventos provoca a evaporação de uma grande quantidade de água. Como a água no estado gasoso é menos densa que o ar atmosférico, o vapor de água tende a subir, afastando-se da superfície terrestre. Vai se condensando, concentrando-se nas alturas em gotas minúsculas, formando nuvens.

Do mesmo modo, nas regiões de calor intenso, onde a evaporação é grande, elevando a umidade do ar. A distribuição da água pelo globo e o estado em que se apresenta (em função da temperatura) é o que determina então o clima das diversas regiões, bem como as sua vegetação. A maneira pela qual a água se movimenta no nosso planeta, as características de cada local e outros fenômenos podem ser explicados pelo ciclo da água, ou **ciclo hidrológico**.

A água é capaz de conservar o calor, durante o dia absorve o calor do sol e a noite ela libera o calor absorvido agindo como regulador da temperatura. É por isso que nos desertos, onde a quantidade de água é mínima, há uma enorme variação de temperatura, que chega a atingir 60°C durante o dia, caindo a noite para menos de 0°C.

Uma propriedade importante difere a água da maioria das substâncias, que em geral no estado sólido, tem um volume ligeiramente menor que no estado líquido. Com a água dá-se exatamente ao contrário; ao solidificar, ou seja, ao tornarem-se gelo, ela sofre uma expansão, aumentando seu volume. Esse fenômeno é denominado caráter anômalo da água. Outra propriedade importantíssima da água é a sua capacidade de dissolver um grande número de substâncias; as águas que circulam pela terra contêm mais da metade das substâncias conhecidas, por isso a água é chamada de **solvente universal**.

Muitos elementos essenciais à nutrição dos animais e vegetais só podem ser ingeridos se dissolvidos em água, como os sais minerais que as plantas absorvem do solo pelas raízes, sendo essa propriedade da água que permite a nutrição dos seres vivos se complete.

Segundo (CZAPSKI 2008), com base em tendências já observadas no Brasil – assim como nas projeções climáticas do futuro, derivadas dos modelos climáticos do IPCC –, cientistas brasileiros fizeram várias previsões do que pode acontecer no nosso país nas

próximas décadas. Apesar de ainda haver incertezas quanto a alguns efeitos das mudanças regionais de

clima, sabe-se, por exemplo, que as maiores taxas de aquecimento acontecerão na Floresta Amazônica, enquanto as menores serão nos estados do Sudeste, junto à costa da Mata Atlântica. O aquecimento também não será tão pronunciado em regiões como o Nordeste e a Bacia do Prata. Confira algumas previsões:

**Sudeste e bacia do prata.** Previsão de dias mais quentes, invernos mais curtos, estação seca mais prolongada. A chuva aumentaria em volume, mas eventos extremos, como tempestades, seriam mais comuns. Tudo isso afetaria o balanço hidrológico regional, com impactos na agricultura, geração hidrelétrica e outras atividades humanas.

**Região sul.** Tendências previstas de aumento da temperatura, secas mais freqüentes e chuvas intensas que castigariam cidades e plantações, bem como ventos intensos de curta duração no litoral. Isso prejudicaria o cultivo de grãos e aumentaria a incidência de doenças transmissíveis por insetos.

**Zona costeira.** Uma elevação de cerca de 50 centímetros no nível do Atlântico, no cenário mais pessimista, poderia consumir 100 metros de praia, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, onde o mar é mais raso. Isso afetaria as construções à beira-mar, portos e sistemas de esgoto, bem como as atividades das pessoas que vivem nessas regiões. Ecossistemas costeiros, como manguezais, também seriam prejudicados.

[Levando – se em consideração que as secas mais freqüentes, que podem ter maior ou menor duração, com a queda da oferta de água e conseqüente queda da qualidade da água disponível, há de se pensar em alternativa de novas fontes de água para suprir as necessidades crescentes com o aumento populacional e em conseqüente aumento do consumo, também das áreas agrícolas e industriais, que no caso são os maiores consumidores deste recurso hídrico.]

Massao Hara. A água e os seres vivos. EDITORA: SCIPIONE // ANO: 1994 // 55 PÁGINAS // 4ª EDIÇÃO p.8-12

Ar / Silvia Czapski. – Brasília: Ministério da Educação, Secad: Ministério do Meio Ambiente, Saic, 2008. [SI]. Citado em:<  
[http://www.seduc.pa.gov.br/pdf/Caderno3\\_ar.pdf](http://www.seduc.pa.gov.br/pdf/Caderno3_ar.pdf) > acesso em 29/08/2008

## **2º texto: Processo de tratamento da água.(convencional).**

Na natureza a água, só pode ser encontrada na forma de solução, mistura, e, dependendo dos componentes de solução e sua concentração salina ela pode ser classificada de acordo com a CONAMA, Companhia Nacional do Meio Ambiente, como: água doce, salinidade abaixo de 0,05%, água salobra, salinidade entre 0,05 e 3% e água salina ou do mar, quando a concentração salina for superior a 3%. Para as águas, considerados como doce, de superfície ou subterrânea normalmente faz-se o tratamento convencional, através de uma ETA (Estação de Tratamento de Água), com a água doce, não têm apenas sais dissolvidos, existem outros componentes misturados com a água que devem ser separados, antes da água alcançar a condição de consumo, isto é, se tornar potável para o consumo humano.

De acordo com Uriel Duarte, pesquisador do Instituto de Geociências (IGc) da USP e diretor do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS), [...] não há registros na literatura mundial de uma água com tão baixos teores minerais. “[...] o da água descoberta em Taquiraí está próximo do que se consegue após os processos de destilação da água comum”.[...] Dentre as vantagens relacionadas à água de Taquiraí, Uriel Duarte destaca a sua utilização na hemodiálise. Não são raros os equipamentos que fazem a filtragem artificial do sangue apresentar problemas em virtude do uso de água de baixa qualidade. “Com água mais pura os filtros não se entupiriam com tanta facilidade”, acredita.

O pesquisador ainda não conseguiu identificar quais fatores contribuem para a composição desta água, mas garante que estão relacionados à constituição do solo. Ele baseia sua afirmação no fato de que mesmo a água da chuva, que cai sobre o solo de Nova Espadilha com teor mineral aproximado de 80 mg/l, sai do aquífero com teor de 10 mg/l.

Segundo a (SANEPAR 2008): Para neutralizar a ação de microorganismos patogênicos, que podem causar doenças, efetua-se o tratamento da água. Mesmo água que aparecem límpidas deve ser tratada para garantir a sua potabilidade, água límpida não é garantia de ausência de contaminação. [...].

O tratamento é dividido em três etapas.

Depois de tratada, a água é encaminhada aos reservatórios, e daí é distribuída. [...] Captação de "água bruta". A água a ser tratada é captada dos mananciais superficiais, passando inicialmente por grades e peneiras que retêm resíduos sólidos.

Logo após, ela é bombeada com o auxílio de potentes motores e transportada para a Estação de Tratamento de Água, através de tubulações denominadas adutoras.

a) Coagulação e floculação - transformam as impurezas que se encontram em suspensão fina, ou em solução, em películas maiores (flocos), para que possam ser removidas por sedimentação e filtração. A coagulação é obtida pela aplicação de sulfato de alumínio ou cloreto férrico, que reage com a alcalinidade natural da água. Se esta alcalinidade não for o suficiente, ela é aumentada acrescentando cal hidratada à água. A floculação é uma das fases posterior à coagulação, que permite a formação de flocos (resultante da aglutinação das partículas nos coágulos) no floculador.

b) Decantação - é um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas na água. Estas partículas, sendo mais pesadas que a água, tendem a depositar-se no fundo, clarificando a água e reduzindo em grande percentagem as impurezas.

[Quando a água é captada do rio ou lago, ela passa por uma filtração e decantação e apenas os sólidos suspensos são removidos, enquanto que as partículas dissolvidas, não são dissolvidas por este processo.]

c) Filtração - consiste em fazer a água passar através de substâncias porosas (areia, carvão antracito) capazes de reter flocos em suspensão e demais materiais que não decantaram, aplica-se cloro ou hipoclorito de cálcio na água.

[Alguns tipos de contaminantes indesejados da água podem causar odor, cor e odor desagradável e gerar outras substâncias e podem ser purificados com a utilização de substâncias adsorventes, como por exemplo, o carvão ativado, vidro, etc. Compete aos responsáveis pelo serviço de água avaliar a capacidade operacional do processo de tratamento e apurar as medidas a serem tomadas na coagulação / decantação para obter melhores resultados na remoção dos trihalometanos (THMs). As experiências demonstram que a adoção desta prática diminui consideravelmente a concentração dos THMs na água de consumo humano. Portanto, o responsável pela unidade de tratamento de água deve avaliar a possibilidade de alterar o ponto de aplicação de cloro, sem prejuízo da segurança bacteriológica da água a ser consumida.]

d) Desinfecção ou cloração - como os processos de purificação (A,B e C) não são considerados suficientes para a remoção completa das bactérias existentes na água, assim como para dar mais segurança aos processos de tratamento, há necessidade de fazer também a desinfecção do produto. Para tanto, aplica-se cloro ou hipoclorito de cálcio na água.

e) Fluoretação - nesta etapa do processo adiciona-se flúor na água. O objetivo é de prevenir a cárie dental infantil, utilizando-se sal de flúor, conforme determinação da OMS (Organização Mundial da Saúde).

f) Correção de acidez - como todos esses processos se passam por meio de ácido, a acidez deve ser corrigida. Isto se obtém adicionando - se cal hidratada na água filtrada e está pronta para o consumo.

Após estas etapas, a água é enviada aos reservatórios para posterior distribuição e consumo.

Controle de qualidade da água.

As estações de tratamento de água funcionam, muitas vezes, 24 horas por dia. O controle de qualidade da água produzida é realizado de hora em hora, através de análise físico-químicas, que apontam se a água distribuída está dentro dos padrões de potabilidade exigida pela Portaria 518/2004 do Ministério da saúde.

A SANEPAR dispõe ainda de um indicador interno, denominado IQAD (Índice de Qualidade de Água distribuída), que estabelece rigorosos parâmetros de qualidade.

Associação Guardiã da Água. [SI]. Disponível em: < <http://www.agua.bio.br/> > acesso em: 28/08/2008

Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná. Sistema de abastecimento de água. [SI]. Citado em:  
<[http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/6C1AF74EB5E34FAD8325729C006346BA?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar&sec=Internet\\_ASaneapar](http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/6C1AF74EB5E34FAD8325729C006346BA?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar&sec=Internet_ASaneapar)> Acesso em: 17/09/2008.

### **3º texto: Tratamento não convencional.**

Existem países ou regiões de alguns países, onde a água disponível é salobra ou salina (do mar). O sabor salgado da água do mar se deve a maior concentração do cloreto de sódio que é em torno de 75% da massa dos sais dissolvidos na água do mar.

Nestes países ou regiões a água necessita de um tratamento não convencional. O excesso de sais impede o uso deste tipo de água, nosso organismo não está adaptado para esta concentração de sais, como também nem todos os vegetais se adaptam e esta concentração de sal.

[Cada tipo de água pode apresentar concentração de sais que determinam as suas características e com isto, as possibilidades de uso ou não em determinadas áreas industriais, agrícolas e residenciais.]

No Brasil, assim como no Paraná, levando – se em consideração que as secas mais freqüentes, que podem ter maior ou menor duração, com a queda da oferta de água e conseqüente queda da qualidade da água disponível, há de se pensar em alternativa de novas fontes de água para suprir as necessidades crescentes com o aumento populacional e em conseqüente aumento do consumo, também das áreas agrícolas e industriais, que no caso são os maiores consumidores deste recurso hídrico. A maior parte da água existente está no mar, cerca de 97,3%, portanto, existe a tecnologia que pode transformar a água salobra ou a água do mar em água, potável.

Segundo (Ali 2006) Existem dois procedimentos gerais, que se desdobram em múltiplas tecnologias para remover o sal da água do mar e salobra e torná-la potável. As técnicas evaporativas e as que fazem o uso de membranas semipermeáveis.

Destilar a água do mar, fervendo-a e recolhendo o vapor da água é um procedimento dos mais antigos. O fato de evaporá-la retira a maior parte das impurezas da água, inclusive os sais, que são deixados para trás à medida que o vapor é liberado. Na antiguidade, os egípcios, os persas e os gregos já sabiam disso.

Nos típicos sistemas modernos de destilação, a água salgada é aquecida. O agente de aquecimento é vapor d água que pode ser obtido pelo uso da energia elétrica, pela queima de um combustível, por meio de sobras de vapor provenientes de uma usina de energia, ou ainda outras fontes energéticas.

Atualmente mais de - 12500 unidades de dessalinização, com uma taxa média de produção de 22,8 milhões de m<sup>3</sup> / ano, estão operando em todo mundo. O contínuo progresso na tecnologia de dessalinização faz com que seja uma candidata a atenuar a grave escassez de água em todo o globo.

A maior parte dos processos de dessalinização amplamente utilizados são as de membranas de separação via osmose reversa (RO), e três tipos de separação térmica – evaporação flash em múltiplos estágios (MSF), evaporação em múltiplas fases e compressão mecânica e térmica de separação (TVC). Os (MSF) e a RO, dominam o mercado de dessalinização de águas salobras e salgadas, com uma quota de mais de 90 por cento.[...].

O Brasil poderá substituir em breve, em escala industrial, o material importado que é usado no processo de dessalinização de água salobra para o fornecimento de água doce ou potável a comunidades carentes na região do Semi-Árido nordestino. Para isso, pesquisadores do Laboratório de Referência em Dessalinização (Labdes) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na Paraíba, desenvolveram um tipo de membrana, feita com fibras ocas, para dessalinizar a água retirada de poços artesianos. O projeto está em fase de consolidação para atingir, em 2008, o patamar de escala industrial. Nessa opção, em que a membrana obtida por meio de fibra oca, é um material em fabricação na Paraíba, que visa substituir o congênere importado. Segundo o professor, os poços são perfurados na região e a água, geralmente salobra e de baixa qualidade, é retirada e submetida ao processo de osmose inversa por membrana.

O processo consiste, fundamentalmente, em pressurizar a água salobra, fazendo-a circular na superfície de membranas seletivas, acomodadas em módulos e que praticamente só deixam passar a água pura. O sal que sobra no processo é recolhido para descarte ou aproveitamento posterior, por exemplo, em tanques de criação de peixes.

De acordo com (Dias, Tiago, 2006), as membranas são meios filtrantes, em geral produzidos a partir de materiais poliméricos, que apresentam poros de dimensões variadas. Estes poros são responsáveis por todas as propriedades que tornam as membranas úteis em suas diversas aplicações, tanto para separar partículas como para fracionar moléculas de diferentes massas molares. Como barreiras seletivas que atual momo uma espécie de filtro, as membranas são capazes de promover separações em sistemas onde os filtros comuns não são eficientes.

[...] “A separação de contaminantes da água, na maioria dos casos e em algumas aplicações específicas, servem também para a recuperação de substâncias”, [...].  
“No segmento que trabalhamos (tratamento de água e efluentes), membrana é um meio filtrante. Trata-se de superfície semipermeável utilizada para separação de sólidos ou sais dissolvidos na água”, [...].

Aplicação da membrana [...] As membranas utilizadas para separar componentes de correntes líquidas e também de correntes gasosas no tratamento de águas industriais, efluentes, reuso, potabilização da água do mar [...]. Além disso, há diversas outras aplicações em outros em outros segmentos, tais como: Biotecnologia e farmácia, indústria alimentícia e de bebidas, hemodiálise, purificação de ar, entre outros.

[...] Existem membranas de Microfiltração, Nanofiltração, Ultrafiltração e Osmose Reversa. Cada uma pode ser classificada conforme a sua porosidade, que definirá a capacidade de separação de sólidos a serem retidos conforme o seu tamanho, podendo ser até espiral ou tubular. [...].

\_ Osmose reversa: A membrana de Osmose Reversa é aquela que apresenta os poros menores, por onde atravessam somente as moléculas muito pequenas, como a água. Até íons são retidos, por isso sua grande utilização em sistemas de purificação de água.

\_ Ultrafiltração: A membrana de Ultrafiltração é empregada nos trabalhos com macromoléculas, como proteínas e ácidos nucleicos. Serve para fazer a concentração, diálise e purificação. Seus poros são tão pequenos que nem são classificados por tamanho de poro, mas sim por uma estimativa de retenção molecular média. O maior uso desta membrana está na fabricação de insumos biotecnológicos de alta pureza, como o princípio ativo de um fármaco, por exemplo. [...].

\_ Microfiltração: Esta membrana é apresentada por seu tamanho de poro (0,22 micrometros, 0,45 micrometros, etc) e é empregada em um tipo específico de filtração, dentro de uma faixa granulométrica de sólidos suspensos na água a serem separados. “A Microfiltração também atua como uma proteção de membranas de Nanofiltração e de Osmose Inversa, utilizada comumente para a dessalinização e desmineralização de água”, [...].

\_ Nanofiltração: É um tipo de filtração tangencial, cuja membrana é mais fina do que a de ultrafiltração, mas não mais fina do que a de Osmose Reversa. O diâmetro dos poros da membrana é da ordem de 0,001  $\mu\text{m}$ . A pressão de operação nos sistemas de NF,(nano fibras), varia de 5 a 35 bar. É possível separar moléculas com peso molecular de até 200 g/mol e íons bivalentes, como cálcio e magnésio, e também partículas e íons. O mecanismo de separação não é apenas o de filtração, estando envolvidos também os mecanismos de solubilidade e difusão. Neste processo, a pressão osmótica começa a ter influência sobre o fluxo de solvente através da membrana. Pode ser utilizados em operações de abrandamento, tratamento de água e operações industriais para as concentrações de sucos de frutas, açúcares e leite. [...].

Ali, Rushanara. [SI]. A dessalinização, solução milagre para a falta de água?

Disponível em:<

<http://noticias.uol.com.br/midiaglobal/prospect/2006/05/09/ult2678u39.jhtm>> acesso em: 28/08/2008

Ettouney, Hisham M, El-Dessouky, Hisham T, Faibish, Ron S, Gowin, Peter J.

[SI].Evaluating the economics of desalination. Citado em: <

[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa5350/is\\_200212/ai\\_n21322329](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa5350/is_200212/ai_n21322329) > acesso data: 01/09/2008

Arrais, Antônio. Brasil substitui tecnologia importada para dessalinização de água.

[SI].Citado em:

<<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=tecnologia-importada-para-dessalinizacao-de-agua> >acesso data: 02/09/2008

Dias Tiago, Revista meio filtrante [SI] citado em

: <http://www.meiofiltrante.com.br/materias.asp?action=detalhe&id=265> acesso data: 06/08/2009.

#### 4º texto: A ação do cloro na qualidade da água potável.

Segundo (Zarpelon e Motter 2008) [...] Obter água em quantidade suficiente e com qualidade adequada para o consumo sempre foi uma das preocupações para o homem. Em princípio preocupava-se apenas com o aspecto estético, rejeitando as que apresentavam cor, odor, sabor e ou turbidez. Posteriormente procuraram adequá-las utilizando uma simples decantação, ou associando uma filtração em leito de areia, de modo a promover clarificação.

Como a contaminação da água da fonte não alteração suas características estéticas, verificou-se que o odor, sabor, cor e turbidez não eram critérios suficientes para atestar a qualidade da água e que havia a necessidade de se aprimorar os recursos de tratamento da água de modo a garantir também a sua qualidade sanitária.

Com a contribuição de Schwam, Paster, Koch e outros cientistas, para o avanço dos conhecimentos da bacteriologia e das técnicas de detecção de organismos patogênicos, e da comprovação da eficiência do cloro não só para a remoção de odor, mas também na eliminação ou inativação destes organismos, iniciou-se um grande progresso na tecnologia de tratamento de água.

Quando se adiciona cloro na água ocorre a formação de ácido hipocloroso (HOCl) e ácido clorídrico (HCl):  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{HCl}$  (1) .  
Para valores de pH acima de 4,0 o equilíbrio se desloca para a direita e a quantidade de  $\text{Cl}_2$  que existe em solução é pequena.

O ácido hipocloroso sofre ionização em uma reação praticamente instantânea, formando íon hidrogênio ( $\text{H}^{1+}$ ) e íon hipoclorito ( $\text{OCl}^{1-}$ ), sendo que o grau de ionização depende do pH do sistema e da temperatura.  $\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{H}^{1+} + \text{OCl}^{1-}$  (2).  
Para valores de pH inferiores a 6,0 predomina o ácido hipocloroso, porém a medida em que a temperatura e o pH se elevam aumenta o grau de ionização do ácido o conseqüente, a concentração do íon hipoclorito.

Para valores de pH maiores que 9,6 e a temperatura de 20°C, praticamente todo o ácido hipocloroso sofreu ionização.

O ácido hipocloroso e o íon hipoclorito são denominados cloro livre.

O hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) e o de cálcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  também produzem íon hipoclorito, o qual estabelecerá um equilíbrio com o íon hidrogênio da mesma forma que a equação 2.



Nos últimos anos, tem-se testemunhado o crescimento vertiginoso do consumo do cloro por parte das empresas de saneamento para fazer frente às diversas ameaças epidêmicas, desde a cólera à dengue.

O cloro não é só um grande desinfetante eficaz, como também possui ação oxidante comprovada. Assim sendo é empregado no tratamento da água também para outros fins como: oxidação do ferro e manganês, remoção de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), controle de odor, cor sabor, remoção de algas etc.

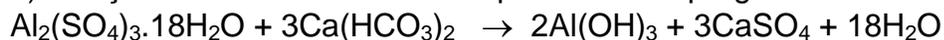
O aumento na poluição dos mananciais, principalmente por compostos orgânicos, provocou uma grande preocupação em se verificar os efeitos causados pela presença de trihalometanos na água destinada ao abastecimento público. Constatou-se que uma grande parte destes compostos orgânicos mesmo em pequenas concentrações pode provocar problemas de ordem estéticas e, alguns podem gerar efeitos sérios e irreversíveis sobre o consumidor em função dos seu potencial tóxico. [...]

Segundo a (SAAEB 1997) [...] As impurezas encontradas na água estão carregadas superficialmente com cargas negativas, o que impede o seu aglutinamento. Para remover essas cargas é necessária a aplicação do coagulante, sendo o que utilizamos o sulfato de alumínio. A coagulação depende do pH e da temperatura da água coagulada. Algumas águas têm alcalinidade natural insuficiente para reagir com o sulfato de alumínio. Neste caso, adiciona-se cal à água formando o hidróxido de cálcio Ca (OH)<sub>2</sub> que irá reagir com o sulfato de alumínio.

a) Reação de sulfato de alumínio com a alcalinidade natural das águas:



b) Reação de sulfato de alumínio quando se emprega Cal:



Floculação, ou mistura lenta, processa-se em tanques especiais chamados floculadores onde se procura promover o encontro entre as partículas, formando partículas maiores, que chamamos de flocos, para que sejam totalmente removidas no decantador.[...]

Segundo Zarpelon [...] Inquestionavelmente, foi a adoção da prática de cloração, aliada aos demais processos de tratamento de água, responsável pelo declínio das doenças transmissíveis via hídrica. [...].

Em 1991, a cólera causou a morte de milhares de pessoas no Peru. Como origem da epidemia, a suspensão do emprego de Cloro no tratamento de água potável. Esta decisão se deveu a uma incorreta interpretação de uma diretriz da Agência de Proteção ao Meio Ambiente (EPA) e a adoção de diretivas européias que classificaram o cloro livre entre os produtos indesejáveis na água antes de sua colocação na rede. Na tomada da decisão, as autoridades peruanas não levarão em consideração as numerosas publicações sobre o desenvolvimento do biofilme microbiano, que se desenvolve nos condutos distribuidores da água. Sem ter um residual suficiente de desinfetante, este meio fornece condições propícias ao desenvolvimento da Legionella e outros microorganismos nocivos à saúde humana. Mais recentemente, casos de cólera veiculados pela água apareceram na Itália, na Albânia, em Ruanda, onde foram erradicados com o uso do Cloro.

[...] Na cidade de São Paulo até a introdução da cloração nos sistemas de abastecimento de água, a febre tifóide tinha um caráter endêmico. Em Curitiba, é oportuno lembrar, até em respeito à memória da cidade, que a maior tragédia urbana ocorrida na sua história ocorreu em 1917. Foi uma epidemia de tifo causada pela contaminação da rede de distribuição de água. Essa tragédia teria sido evitada se na água distribuída à população já se usasse Cloro como faz atualmente. [...].

Em princípio preocupava-se apenas com o aspecto estético, rejeitando as águas que apresentavam cor, odor, sabor e /ou turbidez. Posteriormente procuraram adequá-las utilizando uma simples decantação ou associando uma filtração em leito de areia, de modo a promover a clarificação. [...]. Como a contaminação da água da fonte não altera suas características estéticas, verificou-se que o odor, sabor, cor e turbidez não eram critérios suficientes para atestar a qualidade da água e que havia a necessidade de se aprimorar os processos de tratamento de água de modo a garantir também a sua qualidade sanitária.

Atualmente a desinfecção é considerada essencial para garantir a qualidade sanitária da água distribuída à população. Uma das teorias mais difundidas se refere à reação do ácido hipocloroso em um sistema enzimático (possivelmente sobre triosefosfato dihidrogenase) que é essencial na oxidação da glucose e, portanto, inibe o metabolismo celular bacteriano. A necessidade de dosagens mais elevadas de Cloro para destruição de vírus favorece a teoria de que a ação bactericida se dê por ação enzimática: sendo os vírus desprovidos de enzimas a sua destruição só é possível por oxidação direta da matéria protéica. [...].

A desinfecção das águas de abastecimento público, a curto e médio prazo no Brasil, por muitas razões, inclusive as econômicas, ainda é sinônimo de cloração, a menos que surja inovação tecnológica que altere completamente esse conceito.

Zarpelon e Motter. OS TRIHALOMETANOS NA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO. [SI].Citado em:

< <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm>> Acesso em: 19/09/2008.

SAAEB – Serviço autônomo de Água e Esgoto de Barreto. [SI]. Citado em:

< <http://www.saaeb.com.br/tratamentodeagua.htm> > Acesso em: 21/09/2008.

## 5º texto: O que são e como se formam os trihalometanos (THMs)

Os Trihalometanos (THMs) encontrados na água de consumo humano são membros da família dos compostos organohalogenados como genericamente são designados os derivados do metano, onde três dos quatro átomos de hidrogênio são substituídos por três átomos de Cloro, Bromo ou Iodo. Os principais THMs são Triclorometano ou Clorofórmio, Diclorobromometano, Dibromoclorometano e Tribrometano ou Bromofórmio. O clorofórmio e os demais THMs são formados pela reação química entre o Cloro aplicado e os ácidos húmicos e fúlvicos. Estas substâncias são derivadas da decomposição da matéria orgânica vegetal. Logo que os THMs foram descobertos e qualificados nas águas potáveis, mediante modernas técnicas cromatográficas, iniciaram-se extensas investigações para determinar se sua presença nas águas de consumo humano constituía em perigo para a saúde dos consumidores. A ingestão diária aceitável significa a quantidade da substância química que uma pessoa pode ingerir diariamente durante a vida, sem ocorrer riscos apreciáveis, baseado nos conhecimentos científicos existentes no momento da decisão.

A entidade ambiental americana EPA fixou um limite máximo de 0,1mg/l (100 microgramas por litro) de THMs nas águas de abastecimento e no Brasil somente com a Portaria 36/90, aprovada pelo Ministério da Saúde, é que se determinou Valor Máximo Permissível, portanto, o nível de segurança assumido pela Organização Mundial da Saúde e pelo Ministério da Saúde é de 100 microgramas por litro para concentração de THMs totais.

As águas de abastecimento público no município de Curitiba foram analisadas recentemente pelo Laboratório do Serviço Nacional da Indústria (Senai), a pedido da Vigilância Sanitária, e os resultados encontrados ficaram abaixo de 10 microgramas por litro, ou seja, menos que 10% do limite estabelecido pela Portaria 36/90 do Ministério da Saúde. Segundo esta Portaria, tal limite estaria sujeito à revisão em função de estudos toxico-lógicos em andamento, assim como determina que, a remoção ou prevenção de THMs não deverá prejudicar a eficiência da desinfecção.

Sabe-se que a exposição ao clorofórmio, nas concentrações normalmente encontradas, parece não ocasionar efeitos agudos à saúde humana. Todavia, as evidências toxi-cológicas e epidemiológicas, à luz das informações científicas disponíveis, induzem a admitir que estas substâncias, quando estão acima dos limites estabelecidos, se constituem num risco à saúde humana.

Os levantamentos epidemiológicos relacionando a concentração dos THMs com morbidade e mortalidade, por câncer não são estatisticamente conclusivos, mas sugerem um risco. Correlação estatística positiva tem sido encontrada em diversos estudos, mas uma relação causal ainda não pode ser estabelecida. Não obstante, estudos definitivos continuam sendo conduzidos pela EPA, por meio do National Cancer Institute.

Uma das grandes preocupações das autoridades sanitárias americanas é que na tentativa de diminuir a concentração dos THMs, atribuída à prática da cloração, venham a ser adotadas técnicas de desinfecção que ofereçam menor segurança a uma eventual contaminação da água.

Torna-se absolutamente necessário evitar que informações sem fundamento técnico, científico ou laboratorial, possam levar as pessoas a adotarem um comportamento de risco, como seria o de evitar o uso da água clorada, controlada e garantida pelo sistema de abastecimento público e estimular o consumo de água de fontes não seguras.

Zarpelon e Motter. OS TRIHALOMETANOS NA ÁGUA DE CONSUMO HUMANO.

[SI].Citado em:

< <http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v17/TRIHALOMETANOS.htm> > Acesso em: 19/09/2008.

Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná. Sistema de abastecimento de água.

[SI].Citado em:

<[http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/6C1AF74EB5E34FAD8325729C006346BA?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar&sec=Internet\\_ASsanepar](http://www.sanepar.com.br/sanepar/calandrakbx/calandra.nsf/0/6C1AF74EB5E34FAD8325729C006346BA?OpenDocument&pub=T&proj=InternetSanepar&sec=Internet_ASsanepar) > Acesso em: 17/09/2008.

## 6º texto: Monitoramento da Qualidade das Águas

A portaria da Companhia Nacional do Meio Ambiente, Conama, estabelece os parâmetros para potabilidade da água. A Conama pela resolução 20/86, classifica as águas no Brasil de acordo com a sua salinidade. Salinidade inferior ou igual a 0,05% é água doce, com salinidade entre 0,05% e 3% é água salobra e com salinidade superior a 3% é água salina (Cetesb apud Associação guardiã da água 2004).

Padrão de qualidade para água potável - Resolução Conama nº 357/05.

. Oxigênio dissolvido (OD).....	.....≥5,0 mg/L
. Demanda bioquímica de oxigênio (DQO).....	.....5,0mg/L
. Coliformes fecais.(VMP/100 mL).....	.....1000
. pH da água.....	.....6 – 9,0
. Nitratos.....	.....10,0 (mg/L)
. Fósforo total.....	.....0,025 (mg/L)
. Sólidos totais dissolvidos.....	.....500 (mg/L)
. Turbidez.....	.....100 NTU

### Significado dos parâmetros

**Oxigênio dissolvido (OD)** - Quantidade de gás oxigênio contido na água ou no esgoto, geralmente expressa em parte por milhão numa temperatura e numa pressão atmosférica específica. É uma medida da capacidade de água para sustentar organismos aquáticos. A água com conteúdo de oxigênio dissolvido muito baixo, que é geralmente causada por lixos em excesso ou imprópriamente tratados, não sustentam peixes e organismos similares.

**Demanda Química de Oxigênio (DQO)** - É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Um valor de DQO alto indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial.

**Coliformes Totais** - As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros Klebsiella, Escherichia, Serratia, Erwenia e Enterobactéria. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas, manchadas de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo. As bactérias coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5 °C e são capazes de fermentar o açúcar. O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total", porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos,

responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar e cólera.

**pH (Potencial Hidrogeniônico)** - Medida da concentração relativa dos íons de hidrogênio numa solução; esse valor indica a acidez ou alcalinidade da solução. É calculado como o logaritmo negativo de base 10 da concentração de íons de hidrogênio em moles por litro. Um valor de pH 7 indica uma solução neutra: índices de pH maiores de sete são básicos, e os abaixo de sete são ácidos.

**Fosfato ( $\text{PO}_4$ )<sup>3-</sup>** - Os fosfatos, como o nitrogênio, são muito importantes para os seres vivos, entrando na composição de muitas moléculas orgânicas essenciais. Podem provir de adubos, da decomposição de matérias orgânicas, de detergentes, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas. É o principal responsável pela eutrofização artificial. A liberação de fosfato na coluna d' água ocorre mais facilmente em baixas quantidades de oxigênio. O fosfato é indispensável para o crescimento de algas, pois faz parte da composição dos compostos celulares. O zooplâncton e os peixes excretam fezes ricas em fosfato. Seu aumento na coluna d' água aumenta a floração de algas e fitoplâncton.

**Sais minerais:** São inúmeros os minerais possíveis de ocorrerem na água. O Nitrogênio e o Fósforo dependendo de quantidade são importantes porque são responsáveis pela alimentação de algas, vegetais superiores e outros organismos aquáticos. Em dosagens elevadas podem provocar sérios problemas, como proliferação excessiva de algas, causando o fenômeno conhecido como eutrofização (boa nutrição) de lagos e represas. Nesses casos a água tem mau cheiro, gosto desagradável e ocorre morte generalizada de peixes.

Alguns poços em zonas rurais acumulam nitratos provocando envenenamentos em quem consome suas águas. O consumo de água de poços deve ser feito após análise periódica de suas águas. Existem também minerais indesejáveis que podem ocorrer nas águas e sua concentração vai limitar o uso. Por exemplo: Alumínio, Arsênio, Bário, Berílio, Boro, Cádmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estanho, Lítio, Mercúrio, etc... São produtos nocivos os metais pesados, óleos e graxas, pesticidas e herbicidas.

A qualidade das águas muda ao longo do ano; em função de fatores meteorológicos e da eventual sazonalidade de lançamentos poluidores e das vazões.

A medida que o rio avança, a qualidade melhora por duas causas: a capacidade de autodepuração dos próprios rios e a diluição dos contaminantes pelo recebimento de melhor qualidade de seus afluentes. Esta recuperação, entretanto, atinge apenas os níveis de qualidade aceitável ou boa. É muito difícil a recuperação ser total.

Associação Guardiã da Água. [SI]. Disponível em: < <http://www.agua.bio.br/> > acesso em: 28/08/2008

## 7º texto: O que tem sido feito na área de conscientização

Segundo (Fernandes 1997). O papel do cidadão de lutar pela proteção dos mananciais que ainda estão conservados e a recuperação daqueles que já estão prejudicados, são modos de conservar a água que ainda temos. Mas isto apenas não basta. É preciso fazer muito mais para alcançarmos esse objetivo de modo que o uso se torne cada vez mais eficaz devemos tomar alguns cuidados:

\_ **Na agricultura**, por exemplo, o desperdício de água é muito grande. Apenas 40% da água desviada é efetivamente utilizada na irrigação. Outros 60% são desperdiçados, porque se aplica água em excesso, se aplica fora do período de necessidade da planta, em horários de maior evaporação do dia, pelo uso de técnicas de irrigação inadequadas ou, ainda, pela falta de manutenção nesses sistemas de irrigação.

\_ **Na indústria** é possível desenvolver formas mais econômicas de utilização da água através da recirculação ou reuso, que significa usar a água mais de uma vez. Por exemplo, na refrigeração de equipamentos, na limpeza de instalações etc. Essa água reciclada pode ser usada na produção primária de metal, nos curtumes, nas indústrias têxteis, químicas e de papel.

\_ **Nos sistemas de abastecimento de água** uma quantidade significativa da água tratada – 15% ou mais – é perdida devido ao vazamento nas canalizações, assim como dentro de nossas casas.

A conscientização e a educação do povo, do consumidor são fundamentais. Racionalizar o uso da água não significa ficar sem ela periodicamente. Significa usá-la sem desperdício, considerá-la uma prioridade social e ambiental, para que a água tratada, saudável, nunca falte em nossas torneiras.

5) Fernandes, Claudia. Água: O Desafio do Século XXI. Fundação Padre Anchieta. Tv Cultura. [SI]. Disponível em:< <http://www.tvcultura.com.br/aloescola/ciencias/agua-desafio/index.htm> > acesso em 31/08/2008

## 8º texto: Estudo do clima e das precipitações.

Segundo (Czapski 2008). Com base em tendências já observadas no Brasil – assim como nas projeções climáticas do futuro, derivadas dos modelos climáticos do IPCC –, **(Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)** - cientistas brasileiros fizeram várias previsões do que pode acontecer no nosso país nas próximas décadas. Apesar de ainda haver incertezas quanto a alguns efeitos das mudanças regionais de clima, sabe-se, por exemplo, que as maiores taxas de aquecimento acontecerão na Floresta Amazônica, enquanto as menores serão nos estados do Sudeste, junto à costa da Mata Atlântica. O aquecimento também não será tão pronunciado em regiões como o Nordeste e a Bacia do Prata. Confira algumas previsões:

**Amazônia.** No pior cenário, o aquecimento médio pode chegar a 8°C até 2100. Com isso, diminuiriam as chuvas, facilitando o aumento dos incêndios florestais. O volume dos rios diminuiria, comprometendo a produção de energia hidrelétrica e a vida aquática. Até 2050, parte da floresta (centro-leste e sul) poderia se transformar em cerrado: é a chamada *savanização* da floresta. O regime de chuvas de outras regiões seria comprometido, com a diminuição da umidade, hoje levada por correntes atmosféricas da Amazônia para o Sul e Sudeste.

**Semi-árido.** As temperaturas no Nordeste podem aumentar de 2°C a 5°C até o fim do século, o que faria as chuvas diminuir, possivelmente, em até 15% no período. Com isso, cairia o volume dos rios e açudes. A vegetação da Caatinga ficaria mais árida (tipo cactácea). Nesse cenário, o fornecimento de água nas cidades pequenas seria afetado, assim como a agricultura de subsistência, aumentando a migração de pessoas para as grandes cidades da região.

**Sudeste e bacia do prata.** Previsão de dias mais quentes, invernos mais curtos, estação seca mais prolongada. A chuva aumentaria em volume, mas eventos extremos, como tempestades, seriam mais comuns. Tudo isso afetaria o balanço hidrológico regional, com impactos na agricultura, geração hidrelétrica e outras atividades humanas.

**Região centro-oeste.** As chuvas, de acordo com as previsões, passariam a se concentrar em períodos curtos de tempo, entremeados de dias secos ou veranicos. Haveria mais erosão do solo, prejudicando práticas agrícolas, bem como a própria biodiversidade do Pantanal Mato-Grossense. Dezenas de espécies desapareceriam.

**Região sul.** Tendência prevista de aumento da temperatura, secas mais freqüentes e chuvas intensas que castigariam cidades e plantações, bem como ventos intensos de curta duração no litoral. Isso prejudicaria o cultivo de grãos e aumentaria a incidência de doenças transmissíveis por insetos.

**Zona costeira.** Uma elevação de cerca de 50 centímetros no nível do Atlântico, no cenário mais pessimista, poderia consumir 100 metros de praia, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste, onde o mar é mais raso. Isso afetaria as construções à beira-mar, portos e sistemas de esgoto, bem como as atividades das pessoas que vivem nessas regiões. Ecossistemas costeiros, como manguezais, também seriam prejudicados.

[Levando – se em consideração que as secas mais freqüentes, que podem ter maior ou menor duração, com a queda da oferta de água e conseqüente queda da qualidade da água disponível, há de se pensar em alternativa de novas fontes de água para suprir as necessidades crescentes com o aumento populacional e em conseqüente aumento do consumo, também das áreas agrícolas e industriais, que no caso são os maiores consumidores deste recurso hídrico.]

Ação pelo clima: alternativas para cuidar do nosso ambiente.

Daqui para frente vamos conviver cada vez mais com expressões relacionadas com o as mudanças climáticas, que terão muito haver com a agenda diária de cada um de nós. Confirmam algumas:

**IMPACTOS CLIMÁTICOS.** A expressão pode ser traduzida como um conjunto de conseqüências das mudanças climáticas nos sistemas naturais e humanos. Em grande parte, os cientistas já previram o que pode acontecer. Mas só uma parcela são conseqüências inevitáveis das mudanças climáticas já causadas pela industrialização.

**VULNERABILIDADE.** Capacidade que o sistema (natural ou humano) tem de resistir (ou não) à mudança de um ou mais fatores climáticos. Por exemplo, a maior incidência de tempestades, ou a diminuição de chuvas.

**ADAPTAÇÃO.** O que será preciso fazer (novas práticas, processos ou mudanças estruturais) para que nos ajustemos às mudanças climáticas inevitáveis. Por exemplo, a construção de sistemas de proteção contra enchentes ou secas.

**MITIGAÇÃO.** Medidas que podem ser tomadas para diminuir problemas em andamento, como procedimentos que reduzam o desperdício, o consumismo, ou que economizem energia e, portanto, diminua o uso do petróleo, importante causador do aquecimento global.

Ar / Silvia Czapski. – Brasília: Ministério da Educação, Secad: Ministério do Meio Ambiente, Saic, 2008. [SI]. Citado em:<  
[http://www.seduc.pa.gov.br/pdf/Caderno3\\_ar.pdf](http://www.seduc.pa.gov.br/pdf/Caderno3_ar.pdf) > acesso em 29/08/2008

## 9º texto: O que é a água?

Aristóteles (384 – 322 a.C ) e outros filósofos gregos anteriores a ele acreditavam que o mundo era formado por quatro elementos: o fogo, o ar, a água e a terra. Tais elementos por sua vez, teriam sido produzidos também por quatro princípios fundamentais da natureza: o calor, o frio, o “úmido” e o “seco”. A água para eles era um corpo simples, primário, não podendo ser decomposto em substâncias mais elementares. Essa idéia prevaleceu durante mais de dois mil anos, até o século XVIII de nossa era.

Foi em 1871 que **Joseph Priestley**, químico teólogo inglês, conseguiu sintetizar a água por combustão do hidrogênio (embora não percebesse que a combustão era a combinação do hidrogênio com o oxigênio) mediante aquecimento explosivo. Esse mesmo cientista descobriu o oxigênio, demonstrando que as plantas produzem esse gás quando em presença da luz, fenômeno hoje conhecido como fotossíntese.

Nessa mesma época vivia na França o grande cientista **Antoine Laurent Lavoisier**, considerado o verdadeiro fundador da Química; entretanto, foi guilhotinado durante a Revolução Francesa como inimigo da pátria. Foi ele quem realmente demonstrou que a água era composta de dois elementos químicos: o hidrogênio e o oxigênio.

Em 1805, finalmente, outro francês, Louis-Joseph Gay-Lussac, e o grande sábio prussiano Alexander Von Humboldt verificaram que a proporção entre os elementos da água era de dois para um, o que conduziu, finalmente, à fórmula  $H_2O$ .

Mais tarde se descobriu que essa composição não é assim tão simples. As moléculas de água tendem a se reunir entre si, formando polímero, ou seja, moléculas múltiplas. Desse modo, dependendo de alguns fatores, como, principalmente, a temperatura, podemos encontrar misturas em diversas proporções de:  $H_2O$ ,  $H_4O_2$ ,  $H_6O_3$ . Por isso alguns especialistas sugeriram que as moléculas da água deveriam ser representadas por  $(H_2O)_n$ , indicando agrupamentos de n moléculas de água.

Sutherland, em 1900, deu à constituição molecular mais simples,  $H_2O$ , o nome de hidrol, verificando, porém, que esta só é encontrada na água no estado de vapor, acima de  $100^\circ C$ . À forma  $H_4O_2$ , predominantemente no estado líquido, denominou Di-hidrol, que conteria, no entanto, tri-hidrol em solução. Esta última forma aumentaria de proporção à medida que a temperatura fosse reduzida, passando a predominar no gelo. Wilhelm Conrad Roentgen, físico alemão, já em 1892 dizia que a água em estado líquido possui “moléculas de gelo em solução”.

Essa complexidade da molécula água revela que, sem dúvida, essa substância possui uma estrutura interna muito complicada. Tal estrutura, hoje se sabe, depende essencialmente de uma propriedade química denominada ponte de hidrogênio.

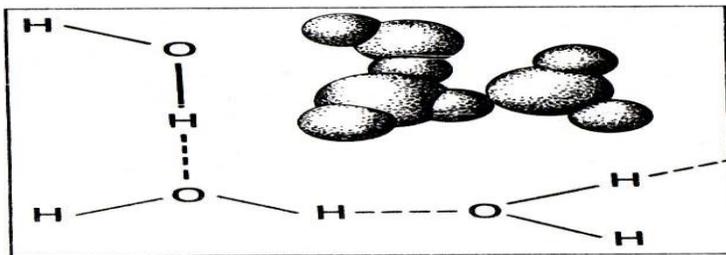
Há em qualquer substância forças de atração que mantêm unidos os átomos e moléculas entre si. Essas forças ou ligações podem ser muito poderosas, como as dos compostos iônicos, em que há trocas de elétrons entre os átomos da substância. Tal substância, em sua maioria, permanece sólida à temperatura ambiente normal, como acontece com os metais. No caso, porém, das chamadas substâncias covalentes, ou seja, substâncias que mantêm a coesão entre seus átomos graças a pares de elétrons apenas compartilhados entre si, as forças de união são mais fracas que as de atração entre íons. Assim, os compostos covalentes podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, devido às condições normais de temperatura e pressão.

Em alguns compostos, entretanto, em que a molécula é formada de átomos diferentes, como é o caso da água, há um certo desequilíbrio entre suas cargas

elétricas, fazendo com que uma extremidade da molécula se torne mais positiva e a outra mais negativa, o que origina o fenômeno conhecido como polaridade da molécula. Essas moléculas constituem, pois, dipolos elétricos.

O caso extremo de atração entre dipolos ocorre quando a molécula é formada de hidrogênio, ligado a átomos fortemente negativos, como o flúor, nitrogênio ou o oxigênio. A forte atração que então se estabelece entre o hidrogênio e esse elemento denominou-se ponte de hidrogênio.

Tais pontes entre as moléculas da água, embora mais frágeis que as forças de ligação covalente responsáveis pela coesão da própria molécula de  $H_2O$ , são estáveis a baixas temperaturas e às temperaturas ambientes normais. São também responsáveis pela união de várias moléculas, formando principalmente na água fria e no gelo, os pacotes representados pela fórmula proposta  $(H_2O)_n$ . Na figura abaixo, em que as pontes de hidrogênio estão representadas por linhas pontilhadas, vemos como são feitas essas ligações. Além disso, essas pontes são também responsáveis pela ligação das moléculas de água com outros compostos, tornando a água um composto que se liga facilmente a inúmeras substâncias. As pontes de hidrogênio são ainda responsáveis pela “geometria” de sua molécula. As direções das duas ligações covalentes (ligação entre os dois átomos de hidrogênio e o oxigênio) e das pontes de hidrogênio dão origem a uma configuração em tetraedros, para um conjunto de moléculas. O átomo de oxigênio ocupa o centro de cada tetraedro, enquanto os quatro vértices são ocupados por átomos de hidrogênio.



Os átomos de hidrogênio ligam-se fortemente aos de oxigênio, construindo verdadeiras pontes (pontes de hidrogênio), responsáveis por inúmeras propriedades da água, que a torna uma substância muito peculiar entre os outros compostos da natureza.

Sabemos que os corpos sólidos ou gasosos em geral se dilatam com o aumento da temperatura. Isto significa que, à medida que são aquecidas, as substâncias aumentam de volume, diminuindo sua densidade. Isto se deve ao fato de o calor provocar maior excitação das moléculas, aumentando sua movimentação e, portanto, as distâncias que as separam umas das outras. Com a água, entretanto, observa-se um fenômeno muito curioso, seu volume diminui quando a temperatura é elevada de  $0^{\circ}C$  à  $4^{\circ}C$ , para depois voltar a aumentar, acima dessa temperatura. Por esse motivo, o gelo flutua sobre a água fria em estado líquido, como se pode observar ao colocarmos cubos de gelo em um copo de água.

Essa diminuição do volume que ocorre na fusão do gelo, e que constituiu verdadeiro mistério durante muito tempo, é explicada pela estrutura já descrita. Quando o gelo se funde, uma parte das pontes de hidrogênio se rompe, permitindo que as moléculas se aproximem mais umas das outras, reduzindo, assim, o volume do conjunto; mas se continuar o aquecimento, a água volta a se dilatar devido ao aumento de excitação das moléculas, como qualquer outro composto químico.

Por causa deste comportamento “anômalo” da água é que os rios, lagos e oceanos, ao se congelarem formam uma camada de gelo na superfície, enquanto que o fundo permanece líquido. As conseqüências disso são muito importantes para a constituição do nosso planeta. Se ocorresse o contrário, isto é, se o gelo fosse mais denso e ocupasse o fundo dos corpos de água, cada vez que o inverno de climas mais frios, a água se resfriasse, a camada do fundo, sendo mais fria, se congelaria, formando um depósito de gelo no leito do rio, lago ou mar.

Ora, como as condições caloríficas do Sol são pouco penetrantes na água, elas só aquecem as zonas superficiais, de modo que o fundo permaneceria congelado durante todo o ano, mantendo baixa a temperatura do oceano. Como resultado disso, toda a água da superfície da Terra se tornaria congelada e hoje, provavelmente, só existiria água no estado sólido, pelo menos na maior parte do globo.

As pontes de hidrogênio fornecem a explicação também para outras propriedades curiosas da água, já aqui mencionada, que é muito importante para a estabilidade do clima terrestre: as grandes quantidades de energia necessária para o aquecimento e para mudança de estado – principalmente a vaporização – da água. Essas energias são consumidas para romper as pontes de hidrogênio.

Entre todas as curiosidades da natureza, se nos perguntassem qual nos parece mais extraordinária, poderíamos responder: a existência da água no estado líquido. E, realmente, constitui um incrível paradoxo o fato de um composto de tão singulares propriedades ser, ao mesmo tempo o elemento mais difundido na superfície do globo terrestre.

Em primeiro lugar. A própria existência de substâncias líquidas, á tempera natural é excepcional. Todos nós conhecemos o mercúrio, citado como elemento de características raras por ser o único metal líquido na superfície da terra. Ora, já pensou, o leitor, alguma vez, que entre todas as substâncias minerais na natureza somente o mercúrio e a água se apresentam no estado líquido? Não deveria, pois, a água – tanto quanto o mercúrio – ser apresentada como rara curiosidade por constituir o único não metal que se apresenta em estado líquido na superfície terrestre?

Há, porém, outras características da água muito mais surpreendentes que essa, e que a torna ímpar entre todos os compostos da natureza. Na realidade, ela não deveria ser líquida à temperatura ambiente normal. Isto é, pelo simples fato de ser líquida contraria algumas leis importantes da Física e da Química.

Para todos os outros compostos químicos de estrutura molecular semelhante à da água, os hidretos ( $H_2S$ ,  $H_2Se$ ,  $H_2Te$ ,  $H_4C$ ,  $H_3N$ ,  $HF$ ) e os óxidos ( $CH_3OH$ ,  $C_2H_5OH$ , etc.), Há uma regra segundo a qual as temperaturas de fusão e de ebulição são diretamente proporcionais ao peso molecular. Se a água acompanhasse essa regra, sua temperatura de ebulição seria aproximadamente  $-80^{\circ}C$ , significando que, mesmo nos locais mais frios do nosso globo, ela somente deveria existir no estado de vapor.

Finalmente, a água se caracteriza por sua extraordinária capacidade de dissolver outras substâncias, o que ainda é uma conseqüência das pontes de hidrogênio. Por esse motivo, a água na natureza é sempre uma mistura de quase todos os elementos encontrados na superfície do globo terrestre. A água do mar contém pelo menos quarenta metais, além de treze dos catorze metalóides (semimetais) conhecidos.

MURGEL BRANCO, SAMUEL. ÁGUA – ORIGEM, USO E PRESERVAÇÃO: Editora Moderna//ANO:1993//1ª EDIÇÃO P.18 A 22