

LEVI ESTEVES LESSA

**PROPOSTA DE MELHORIA DO SISTEMA DE ÁGUA DOCE DOS NAVIOS
DE ASSISTÊNCIA HOSPITALAR DA MARINHA DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia Naval.

São Paulo

2005

LEVI ESTEVES LESSA

**PROPOSTA DE MELHORIA DO SISTEMA DE ÁGUA DOCE DOS NAVIOS
DE ASSISTÊNCIA HOSPITALAR DA MARINHA DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do Título de Mestre em
Engenharia Naval.

Área de concentração:
Engenharia Naval e Oceânica

Orientador:
Prof. Dr. Toshi-ichi Tachibana

São Paulo
2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao prezado Prof. Dr. Tachibana, pela aguçada sensibilidade social, conhecimento e paciência na orientação deste trabalho.

Ao Almirante Alan, Diretor do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, pelo apoio e incentivo que deu para a realização deste trabalho.

A todos os professores e funcionários da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e da Marinha do Brasil, que colaboraram direta ou indiretamente para a realização desta dissertação.

À minha querida esposa Sônia, que mesmo nas horas mais difíceis, esteve sempre como a principal incentivadora de meu trabalho.

Finalmente e acima de tudo, meu agradecimento eterno a DEUS, a quem devemos a vida, tudo o que somos e a graça daquilo que podemos realizar.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise do sistema de água doce dos navios de Assistência Hospitalar da Classe “Oswaldo Cruz”, utilizados pela Marinha do Brasil nos rios da região norte do país, para tratamento da água que é captada nos rios dessa região e terminais de abastecimento em terra.

Neste trabalho são descritos o ambiente em que o navio é empregado, neste caso os principais rios da Amazônia, o navio com suas características operacionais e seu sistema de captação e de tratamento da água.

É apresentada a participação da água no meio ambiente, relacionados os processos mais usuais de tratamento de água. Também é feita uma avaliação da eficiência do sistema utilizado a bordo, com uma proposta de melhoria dos procedimentos de captação e tratamento que fazem parte desse sistema instalado na década de 80, considerando-se as variáveis de qualidade da água para consumo que devem ser monitoradas, e as características da água dos rios da região.

ABSTRACT

This thesis presents the “Oswaldo Cruz” Class fresh water treatment system analysis employed by the Brazilian Navy, in the rivers of the northside region of the country. The input water for the system can be supplied by the river or by landside terminals.

In this work, the environment is presented, listing the usual fresh water treatment process. A process efficiency evaluation is also performed, proposing improvements on the proceedings of fresh water collection and treatment, which was installed in the 80's, considering the water quality variables to be monitored, and the region water characteristics.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	2
3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	3
3.1 A importância da qualidade da água em Navios Hospitalares.....	4
3.2 O navio de Assistência Hospitalar.....	4
3.3 Descrição do sistema de aguada do navio.....	5
4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	7
4.1 Introdução.....	7
4.2 Sistema de tratamento da água utilizado a bordo.....	7
4.3 Produtos usados no sistema de tratamento a bordo.....	9
5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	15
5.1 Introdução.....	15
5.2 Classificação das águas de acordo com o CONAMA.....	15
5.3 Lançamento de efluentes de acordo com o CONAMA.....	18
5.4 Lançamento de efluentes nos rios da Amazônia.....	18
5.5 A qualidade da água para consumo.....	19
5.6 Impurezas nas águas.....	21
5.6.1 Presença de metais na água.....	22
5.6.2 Presença de compostos inorgânicos não metálicos.....	25
5.6.3 Presença de microorganismos na água.....	27
5.7 Sistemas de tratamento de água.....	29
5.8 A Bacia Amazônica.....	37
5.8.1 Caracterização da qualidade da água dos rios da Amazônia.....	41

6	ANÁLISE DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA EXISTENTE.....	44
7	CONCLUSÃO.....	52
8	PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO.....	55
9	ANEXOS.....	57
10	LISTA DE REFERÊNCIAS.....	74
11	APENDICE	

LISTA DE FIGURAS

	Pg.
Figura 1 -Sistema de tratamento d água captada do rio.....	8
Figura 2 –Efeito da concentração de coagulante na turbidez.....	13
Figura 3 -Espectro de dimensões de partículas e poros de filtros necessários para remoção.....	21
Figura 4 - Filtração convencional vs. Fluxo tangencial.....	34
Figura 5 –Distribuição das principais bacias hidrográficas do continente sulamericano.....	40
Figura 6-Modelo de molécula de ácido húmico.....	45
Figura 7- Estrutura de um ácido fúlvico.....	46

LISTAS DE TABELAS

	Pg.
Tabela 1-Descarga dos países mais ricos de água doce.....	38
Tabela 2-Características gerais dos principais rios sulamericanos.....	39
Tabela 3-Concentração média de diferentes elementos químicos em águas do Amazonas.....	42
Tabela 4 – Dados de acidez e turbidez de amostras de águas dos rios da Amazônia.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	-Água doce.
ASSHOP	-Assistência Hospitalar.
BAT	-Bomba de Água Tratada.
BB	-bombordo (bordo esquerdo).
BE	-boreste (bordo direito).
CNO	-Comando Naval da Amazônia.
CETESB	-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
CONAMA	-Comissão Nacional de Meio Ambiente.
CAG	-Carvão Ativo Granular.
CV	-Cavalo Vapor.
DA	-Depósito de Alumina.
DC	-Depósito de Cloro.
GPS	-Sistema de Posicionamento via satélite.
H	-Frequência em Hertz.
KVA	-Kilovolt-Amperes.
LAH	-Alarme de nível alto.
LS	-Chave de nível.
MCA	-Motor de Combustão Auxiliar.
MS	Ministério da Saúde
MCP	-Motor de Combustão Principal.
NAsH	-Navio de Assistência Hospitalar
OMS	-Organização Mundial de Saúde.
P	-Indicador de pressão.
pH	-Potencial de Hidrogênio.
rpm	-Rotações por minuto.
SU	-Suspiro.
SD	-Dreno.
Vcc	-Voltagem em Corrente Contínua.
Vca	-Voltagem em Corrente Alternada.

V	-Tensão em Volts.
VAL	-Válvula de Alumina.
VCL	-Válvula de cloro.
VAB	-Válvula de água bruta.
VAT	-Válvula de água Tratada.
VES	-Válvula de Esgoto.

1- INTRODUÇÃO

Atualmente a água utilizada a bordo de pequenas embarcações fluviais e neste caso em estudo, os navios fluviais de assistência hospitalar, tem origem por abastecimento em terminais de alimentação de água doce.

Esses pontos de abastecimento estão disponíveis na base do navio na cidade de Manaus, nas localidades ribeirinhas ao longo do itinerário de sua missão, ou em pontos de coleta em locais dos rios tidos como de melhores condições, dentro do raio de ação em que navegam.

Diferentemente dos navios oceânicos de maior porte que utilizam, além dos tanques de armazenagem de água doce abastecidos nos portos ou terminais, sistemas de tratamento e purificação da água do mar tais como grupos de osmose reversa, grupos destilatórios, filtros, etc, os Navios de assistência Hospitalar, denominados por NasH, devido as suas características de projeto e ao ambiente de operações, somente operam com água doce.

Esses navios fluviais, como os demais de seu tipo, foram projetados para o desempenho de missões de caráter assistencial na Amazônia.

Foram construídos dois navios para esse fim, o NAsH “Oswaldo Cruz” e o NAsH “Carlos Chagas”, ambos atualmente subordinados ao Comando Naval da Amazônia e que atuam no atendimento médico e odontológico de populações ribeirinhas, em campanhas de medicina preventiva e coleta de material para pesquisas de doenças tropicais e infecto-contagiosas, em apoio ao Ministério da Saúde.

O Navio de Assistência Hospitalar “Oswaldo Cruz” foi encomendado pelo Ministério da Saúde e entregue a Marinha do Brasil para realização de assistência hospitalar e apoio médico na Amazônia. O projeto e execução são de autoria do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, com um percentual de nacionalização de 98%. O batimento de sua quilha ocorreu em 09 de julho de 1982, seu lançamento no mar em 11 de julho de 1983, e sua incorporação à Marinha do Brasil em 29 de maio de 1984.

Esses navios são dotados de dois tipos de reservatórios denominados tanques de captação e aguada que servem respectivamente para receber a água coletada do rio

e a água doce recebida de terra ou a ser tratada pelo sistema de filtração existente a bordo. Essa água é disponibilizada a bordo para todos os compartimentos, desde sanitários e bebedouros, até serviços ambulatoriais e de limpeza a bordo.

Para alcançar o objetivo proposto, foi efetuada uma pesquisa bibliográfica para coleta das informações disponíveis e, para estabelecer uma organização que conduza a conclusão, este trabalho foi dividido em sete capítulos:

No capítulo 1, Introdução, é apresentado o navio de assistência Hospitalar, sua finalidade e a utilização da água doce por esta classe de navio no ambiente geográfico em que atua.

No capítulo 2, é apresentado o Objetivo e a necessidade de avaliação do sistema de tratamento de água bordo.

No capítulo 3, Definição do Problema, é apresentada a importância da qualidade da água em ambientes hospitalares como o do navio, e onde se descreve a missão desse tipo de navio, e as características do seu sistema de captação de água.

No capítulo 4, Metodologia, é apresentada uma descrição dos processos de tratamento de água mais utilizados, o processo utilizado a bordo, a situação atual desse sistema e como tem sido efetuada a coleta e o tratamento dessa água pelo navio e o controle da qualidade dessa água.

No capítulo 5, Análise dos resultados, é feita uma avaliação do processo de tratamento utilizado a bordo em comparação aos processos mais usuais.

No capítulo 6, é apresentada uma análise do sistema existente a bordo em relação às necessidades do navio;

No capítulo 7, é apresentada uma conclusão relacionada às condições atuais do sistema de tratamento; e

No capítulo 8 é apresentada uma proposta de trabalho futuro visando contribuir para a melhoria do sistema de tratamento atualmente utilizado por essa classe de navio.

2- OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a análise do sistema existente a bordo para tratamento da água utilizada pelos Navios de Assistência Hospitalar, considerando as condições atuais e as perspectivas futuras dos recursos hídricos fluviais disponíveis na bacia amazônica.

Apresenta os principais agentes poluentes químicos e biológicos que alteram sua qualidade e interferem no sistema de tratamento instalado nessa classe de navio. O sistema emprega basicamente a sedimentação, a cloração e a posterior filtração por carvão ativado.

São apresentadas as condições de coleta, armazenagem e distribuição a bordo, bem como as limitações do sistema de tratamento instalado na época da construção do navio e os procedimentos atualmente utilizados, considerando que a escolha desse sistema de tratamento foi efetuada no começo da década de 80.

São também propostas sugestões para aprimoramento desse sistema, permitindo uma melhoria na confiabilidade e qualidade da água doce a bordo por intermédio da avaliação da qualidade e tipo de água que o navio necessita coletar nos rios, além dos procedimentos de tratamento atualmente efetuados.

3– DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

3.1-A importância da qualidade da água em Navios Hospitalares

A água utilizada a bordo dos navios hospitalares da mesma forma que a utilizada nos demais tipos de navios, deve obedecer aos padrões de qualidade da água adotados pelos sistemas públicos de abastecimento que atendem as instalações domiciliares e industriais, de acordo com legislação e normatização específica determinada pela portaria MS nº 518/GM de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

Considerando que no ambiente natural de atuação desse tipo de navio não é possível dispor de localidades que permitam o reabastecimento com água tratada, se torna imperativo o controle e tratamento dessa água que tanto pode ser coletada em comunidades como nos rios do interior da Amazônia.

A água utilizada a bordo deve ter a mesma qualidade tanto para a cocção de alimentos e consumo, quanto nos serviços nos ambulatórios médicos e odontológicos, em ambos os casos requerendo tratamento para atender ao padrão de potabilidade.

3.2- O navio de Assistência Hospitalar

Os navios de Assistência Hospitalar da classe “Oswaldo Cruz” foram projetados como os demais navios de seu tipo, para o desempenho de missões de caráter assistencial na Amazônia, atendendo às populações ribeirinhas.

Para que este atendimento assistencial possa ser o melhor possível, os navios são dotados de recursos hospitalares e odontológicos, de transporte e alojamento de pessoal a bordo, duas lanchas para serviços de ambulância e um heliponto em seu convés, apresentados no arranjo geral do navio, desenho nº 801-NASH-01 (anexo A).

As lanchas são os recursos disponíveis para se atingir os locais onde o acesso do navio é restrito por questões de calado ou vegetação nativa.

O heliponto é utilizado para pousos, decolagens e reabastecimento dos helicópteros utilizados nos atendimentos de emergência fora da área de alcance do navio.

3.3 - Descrição do sistema de aguada do navio

O navio possui quatro tanques de água, sendo dois denominados de tanques de aguada, com capacidade de 16590 litros cada, e dois de sedimentação com capacidade de aproximadamente 5400 litros cada. Todos os tanques estão localizados de acordo com o desenho 8310-NASH-530-01(anexo B), no fundo do navio. Os de aguada, entre as cavernas 61-65 (BB e BE), e os de sedimentação entre as cavernas 59-61(BB e BE) .Todos esses tanques podem ser abastecidos com água doce obtida de terra por meio de bocais de sondagem disponíveis em ambos os bordos nas cavernas 59 e 60.

O navio possui uma bomba centrífuga marca HERO, modelo 36 HM, com capacidade de 8 m³/h, pressão de descarga de 1,5 kg/cm³ e é acionada por um motor elétrico WEG de 1,5 CV/ 3450 rpm, 440 V, trifásico, 60 Hz. Esta bomba tem a função de aspirar água da interligação do navio com o rio e descarregar nos tanques de sedimentação, após passar por um misturador onde duas bombas dosadoras, tipo diafragma de vazão variável de 0 a 5 l/h, adicionam cloro e alumina à água.

O navio também possui duas bombas centrifugas, auto-aspirantes marca HERO, modelo 126SH40, com capacidade de 9 m³/h, pressão de descarga de 2,2 kg/cm³, acionadas por motores elétricos WEG de 1,5CV/3450 rpm, 440V, trifásico, 60Hz, que têm a função de aspirar a água armazenada nos tanques de sedimentação e descarregar esta água nos tanques de aguada, após passarem por tratamento em um conjunto de filtros de areia e carvão, existentes na rede de água doce do navio, conforme diagrama do sistema de tratamento de água do rio, apresentado na figura 1.

Em procedimento de rotina é utilizada somente uma bomba para transferência de água e duas bombas em paralelo, quando em operação de limpeza dos filtros com “contra-fluxo”.

O navio possui ainda outras duas bombas centrífugas auto-aspirantes marca HERO, modelo 126H40, com capacidade de 9 m³/h cada, pressão de descarga 2,2 kg/cm³ acionadas por motores elétricos WEG de 3CV/3450 rpm, 440 V, trifásico, 60 Hz. Apenas uma é utilizada, ficando a outra de reserva, para aspirar a água dos tanques de aguada e descarregar em um tanque “hidróforo”, marca CALDEX, de capacidade de 700 litros de água doce, localizado na praça de máquinas.

Estas bombas são automatizadas para serem acionadas quando a pressão no tanque “hidróforo” estiver entre de 1,3 a 2,2 kg/cm³. A alimentação dos utilizadores a bordo é efetuada a partir do tanque “hidróforo”, por um ramal conforme apresentado no desenho 8310-NASH-530-01 (anexo B).

4– PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1-Introdução

A metodologia deste trabalho baseia-se na literatura sobre sistema de tratamento e controle da qualidade da água, em Portaria de qualidade da água para consumo humano do Ministério da Saúde, e na documentação de projeto do sistema instalado no navio,, para se avaliar a eficiência desse sistema.

Além dessas informações foi elaborado o questionário apresentado no capítulo 6 e respondido pelo encarregado do setor de máquinas do navio, com a finalidade de se obter informações sobre os procedimentos de coleta e tratamento de água efetuados atualmente à bordo.

4.2 – Sistema de tratamento da água utilizado a bordo

Como apresentado no item 3.3 que trata da descrição do sistema de aguada do navio, os Navios de Assistência Hospitalar, dispõem a bordo de um sistema para captação e tratamento de água doce.

Tradicionalmente na Marinha do Brasil, a captação de água ou aguada, é feita em rios de água preta ou escura, típicos da Amazônia, considerados adequados para essa prática (NETO, 2001).

O processo de tratamento inicia-se com a captação de água a qual é bombeada do rio e passa por um misturador onde é feita a adição de cloro e alúmen, conforme desenho do Sistema de Tratamento de água do rio apresentado na fig. 1.

Após a adição de cloro e alumina, a água permanece por um determinado tempo nos tanques de decantação, de onde é bombeada a uma pressão de 1,5 kg/cm² através do o filtro de areia e filtro de carvão ativado.Em seguida, é depositada nos dois tanques de armazenamento existentes,um em cada bordo (cada parte simétrica do casco de um navio quando dividido pelo seu eixo longitudinal).

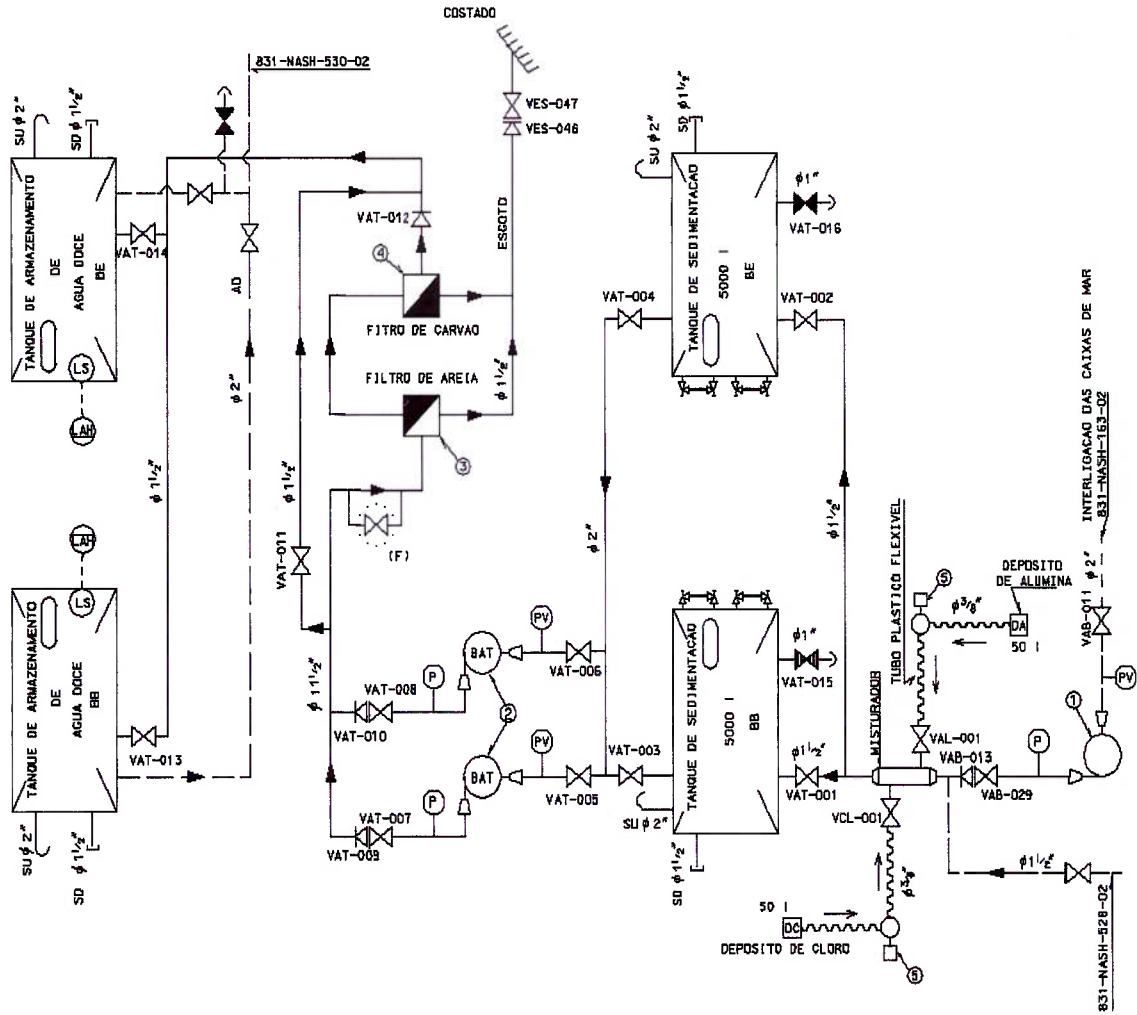


Figura 1 – Sistema de Tratamento de água captada do rio (AMRJ,1982)

A água é então disponibilizada para consumo, sendo recalçada através de duas bombas centrífugas, as quais alimentam um tanque “hidróforo” de água doce situado na praça de máquinas.

O navio também pode, opcionalmente, captar água doce em seus tanques de sedimentação quando atracado no porto, por meio de bocais de sondagem (válvulas VAT-016 e VAT-017) localizados em ambos os bordos das cavernas 59 e 63.

Pode-se verificar pelo desenho da figura 1, que não existe ligação do sistema de bordo para eventual tratamento dessa água, que é injetada diretamente nos tanques de sedimentação com tratamento e características físico-químicas diferentes da água que é tratada a bordo.

Para limpeza dos filtros é feita uma retrolavagem utilizando-se as duas bombas (BAT 2), ao mesmo tempo, em paralelo. A água dessa lavagem como pode ser verificado pelo desenho da fig.1, é despejada no rio por meio de válvulas de esgoto (VES 046 e 047), sem nenhum tratamento prévio, por não estar previsto tratamento de efluentes no projeto original.

De acordo com informações do navio, a verificação da qualidade da água que é captada a bordo é efetuada somente por meio de exame bacteriológico de amostras por ocasião da coleta dessa água.

4.3 - Produtos usados no sistema de tratamento a bordo

Para o tratamento da água captada dos rios, são utilizados no sistema de tratamento o Sulfato de Alumínio e Cloro.

Se efetua a coleta de água para os tanques, denominados de tanques de sedimentação, sendo adicionado no misturador o sal Sulfato de Alumínio conhecido como Alumen $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ (LETTERMAN, 1999), utilizado para a coagulação do material em suspensão e, em seguida feita a cloração dessa água que abastece esses tanques.

Tipos de Coagulantes Utilizados

Segundo Letterman (1999), os coagulantes são utilizados em tratamento de água principalmente para desestabilizar as partículas em suspensão na água e intensificar a taxa de formação de flocos. O sulfato de alumínio tem sido usado há muitos anos. A partir da década de 60, começou a se utilizar mais amplamente os polímeros orgânicos e mais recentemente uma série de produtos coagulantes que incluem desde sais de ferro a sais de metais prehidrolizados e uma série de compostos químicos.

Para se realizar a primeira etapa do processo, procedemos ao que chamamos de coagulação que é utilizada para a remoção dos sólidos em suspensão, sólidos esses que podem ser partículas de argila, óxidos metálicos, moléculas de proteínas e microorganismos. Neste processo, um coagulante, no caso o Sulfato de Alumínio, é adicionado a água para desestabilizar as partículas e induzi-las a se agregarem em partículas maiores conhecidas como flocos (GRAY,1994).

De acordo com Stevenson(1998), a coagulação e precipitação são usadas na maioria dos processos convencionais que envolvem a adição de produtos químicos para desestabilizar suspensões coloidais e sólidos em suspensão, que de outra forma não precipitariam, flutuariam ou seriam filtrados, ou para precipitar orgânicos solúveis tais como corantes. Os coagulantes usuais são os sais de alumínio ou sais férreos. O pH é um parâmetro crítico quando se deseja obter a melhor qualidade na coagulação.

De acordo com Elliot; Chen; Swanekamp(1998), além das impurezas presentes na água e dos problemas causados pelos depósitos nas tubulações e equipamentos podem existir nas águas, uma série de outras impurezas. Os principais grupos dessas impurezas são os minerais e matéria orgânica dissolvidos, gases dissolvidos, matéria em suspensão, substâncias responsáveis por coloração, gosto e microorganismos. A natureza e quantidade das impurezas contidas na água dependem de sua origem. Águas superficiais contém matéria orgânica como as oriundas de folhas, lodo insolúvel, areia e outros materiais inorgânicos. Pode-se considerar que os poluentes industriais compõem o grupo dos contaminantes. Entretanto por ação de uma filtragem natural, as rochas e a areia usualmente removem material em suspensão nas águas.

Os materiais insolúveis constituem as impurezas mais facilmente observadas e são responsáveis por uma característica dada a água conhecida como turbidez, que é causada por este material em suspensão e matéria coloidal tal como argila. A turbidez é um efeito ótico que faz com que a luz seja dispersa e absorvida, ao invés de transmitida sem mudança em sua direção através da água (STANDARD METHODS,1995).

O valor máximo admissível de turbidez para água potável é de 5 UT (Unidades de Turbidez), de acordo com o padrão de aceitação para consumo humano do Ato Portaria nº 518/GM do Ministério da Saúde.

De acordo com Letterman(1999),a coagulação é um processo utilizado para aumentar a tendência que têm as pequenas partículas em suspensão num meio aquoso de se agregarem às superfícies umas das outras e daí realizar a remoção de determinados materiais insolúveis por adsorção que por definição é o processo pelo qual, as moléculas de uma substância formam uma fina película sobre a superfície de um sólido(WEBSTER, 2004), que é a fixação das moléculas de uma substância na superfície de outra substância, ou por precipitação promovendo a agregação das partículas existentes na água para a formação de maiores flocos. A coagulação se torna um componente essencial nos processos convencionais de tratamento de água que juntamente com sedimentação, a filtração e a desinfecção permitem a purificação, remoção e desativação de contaminantes microbiológicos tais como vírus, bactérias e protozoários patogênicos. Além da importância do uso de coagulantes para a remoção de contaminantes microbiológicos, a coagulação para a remoção de matéria orgânica natural tem sido muito importante para se evitar a formação de compostos indesejáveis, denominados “by-products”, originados pela reação com produtos utilizados na desinfecção da água como o cloro.

De acordo com Gray (1994), o cloro é muito reativo com os compostos naturais encontrados na água, como por exemplo, a amônia e os ácidos húmicos que dão a coloração marrom clara as águas interferem com o processo de desinfecção. Novos métodos analíticos desenvolvidos á partir da década de 70, tais como cromatografia gasosa associada com espectrometria de massa, permitiram a descoberta de centenas de compostos orgânicos naturais e processados pelo homem, que estão presentes em concentrações menores que 1µg/l.Foi verificado que alguns

desses compostos podem reagir com o cloro durante o processo de desinfecção , formando estes novos e perigosos compostos químicos.

A matéria orgânica adsorvida em partículas naturais encontradas em suspensão nas águas, atuam como agentes estabilizadores e podem se associar com metais tóxicos e produtos químicos orgânicos sintéticos possibilitando a formação desses “by-products” quando o cloro é utilizado no tratamento.

Segundo Wiesner(1989) apud Letterman (1999), a coagulação tem sido usada para aumentar o desempenho de sistemas de filtração por membranas e prolongar a vida útil de filtro com carvão ativado granular.

De acordo com Letterman(1999) a coagulação é um processo complexo que envolve diversas reações e transferência de massa. Na prática, consiste essencialmente de três estágios distintos: a formação do coagulante, a desestabilização do particulado e as colisões inter-partículas. Os dois primeiros estágios ocorrem imediatamente após a dispersão química no momento da mistura e, em seguida, as colisões inter-partículas causam a agregação e formação de floculados, num processo chamado de floculação. A coagulação se refere a todas as reações e mecanismos que resultam na agregação de partículas na água que está sendo tratada considerando a formação do coagulante, a desestabilização e contato físico inter-partículas, sendo a produção desse processo físico de contato entre as partículas denominado de floculação.

Gray (1994) alerta que na prática um cuidadoso controle da adição de coagulante deve ser efetuado. Isto se deve ao fato de que apesar do tratamento da água ter a finalidade de remover substâncias nocivas e microrganismos indesejáveis, eventualmente pode ocorrer a adição de quantidades excessivas de produtos durante o tratamento químico devido a problemas de operação ou acidente, que irão fazer parte da água tratada. Entretanto pequenas quantidades desses produtos, onde estão incluídos resíduos de coagulantes tais como alumínio, ferro e compostos denominados polieletrólitos, acabam sendo normalmente descarregadas devido a natureza dos processos de tratamento.

De acordo com o gráfico da figura 2, a dosagem de coagulante deve ser de um valor ótimo a ser determinada para cada tipo de água utilizada no sistema de tratamento.

Essas condições ótimas de coagulação podem ser determinadas através de um procedimento simples de avaliação da turbidez, conhecido como “jar test” em função da dosagem de coagulante como apresentado no gráfico a seguir.

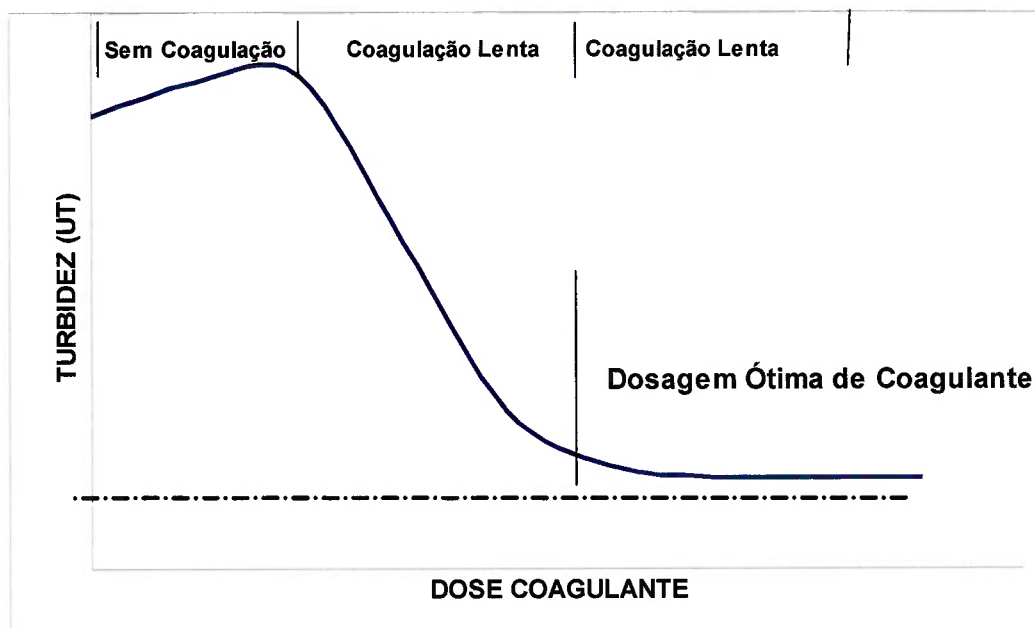


Fig. 2- Efeito da concentração de coagulante na turbidez (GRAY,1994).

No sistema em estudo, ao mesmo tempo em que a água recebe o sulfato de alumínio, também se efetua a dosagem de cloro pelo misturador.

A utilização do Cloro no tratamento da água

De acordo com o Standard Methods (1995), a cloração de águas de abastecimento e de águas poluídas serve principalmente para destruir ou desativar a capacidade dos microorganismos de gerar doenças. Um benefício secundário particularmente no tratamento da água para consumo, é a melhoria global da qualidade da água proveniente da reação do cloro com amônia, ferro, manganês, sulfitos e algumas substâncias orgânicas.

A cloração pode produzir efeitos adversos. Podem ser intensificados sabor e odor característicos de fenóis e outros compostos orgânicos presentes na água abastecida, incluindo, dentre esses efeitos, a possibilidade de formação de compostos organoclorados como por exemplo o clorofórmio, que são potenciais agentes carcinogênicos chamados de trihalometanos.

Para satisfazer a finalidade principal da cloração e minimizar qualquer efeito adverso, é essencial a realização de testes nessas águas para se determinar além da dosagem ótima de sulfato de alumínio, o teor de cloro como, por exemplo, de acordo com o Standard Methods, os testes por métodos iodométricos que são adequados para se medir concentração de cloro maiores que 1 mg/l ou o método de titulação amperométrico que é padrão para a determinação de cloro livre ou na forma combinada.

5- CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

5.1 - Introdução

A água na forma natural que conhecemos não é pura, sendo classificada como um solvente versátil que dissolve rapidamente uma vasta quantidade de substâncias e devido estar presente no nosso meio ambiente desde os tempos mais remotos, contém em sua composição quantidades relativamente elevadas de diversas substâncias químicas. Algumas dessas substâncias são benéficas a saúde, enquanto outras ocasionam problemas. Os riscos à saúde, são geralmente associados aos contaminantes introduzidos no ciclo hidrológico pelo homem (WATSON e BURNETT, 1995).

De acordo com Benetti e Bidone (2002), no decorrer da existência humana e durante um longo tempo, o que determinava a avaliação da qualidade da água utilizada era o aspecto visual, o sabor e o odor. Tais critérios contribuíram também para o estabelecimento de padrões de qualidade, com definição de concentrações máximas de elementos ou compostos que podem estar presentes na água em função da finalidade de uso para o qual essa água se destina. No caso do Brasil, foi criado o CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente, para ser o responsável pela classificação das águas de todo o território nacional que estabelece por meio de sua resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, limites e condições para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

5.2 – Classificação das águas de acordo com o CONAMA

O CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente por meio de sua Resolução nº 20, classifica as águas de todo o território nacional, tendo em vista a necessidade de serem definidas variáveis e indicadores específicos necessários à garantia de padrões de qualidade para essas águas. Destes três tipos de águas, as águas doces estão contempladas com as classes de 1 a 4. As Águas salinas com as classes 5 e 6, e as salobras com as classes 7 e 8.

Essas águas foram classificadas de acordo com suas utilizações preponderantes, e enquadradas de acordo com o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido para cada destinação.

As águas doces são definidas como sendo aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰, as águas salobras com salinidade situada na faixa de 0,5 a 30‰, e águas salinas com salinidade igual ou superior a 30‰. De acordo com essa resolução, essas águas são discriminadas da seguinte forma:

Águas Doces:

Classe Especial - são as destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou apenas com simples desinfecção e para preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

Classe 1 - são águas destinadas a abastecimento doméstico após passarem por um tratamento simples, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, isto é, de contato direto do homem, além de utilização para irrigação de hortaliças e aquicultura para consumo humano;

Classe 2 - são águas destinadas ao abastecimento doméstico após sofrerem um tratamento convencional podendo ser utilizadas da mesma forma que as da classe 1, para a recreação de contato primário, cultivo de hortaliças e aquicultura para consumo humano;

Classe 3 – Também são destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, porém nas condições que se encontram utilizadas somente para irrigação de culturas específicas (arbóreas, de cereais e forragens) e dessedentação de animais;

Classe 4 - São águas destinadas somente a navegação, harmonia paisagística e usos menos exigentes, devido as condições que se encontram.

Águas Salinas:

Estão divididas em duas classes. A Classe 5, destinada à recreação de contato primário, proteção das comunidades aquáticas e aquicultura e a Classe 6, destinada à recreação de contato secundário(sem contato humano direto), navegação comercial e harmonia paisagística.

Águas Salobras:

Estão divididas nas duas classes restantes, a Classe 7 e a Classe 8, com destinações respectivamente idênticas às das águas salinas Classe 5 e 6.

Para o objetivo deste trabalho, devido mais especificamente às características de preservação dos rios da região norte, dificuldades de acesso a esses rios, a baixa ocupação demográfica e industrial da região dentre outros fatores, o ambiente de operação desses navios, nos situa na utilização de águas doces da Classe Especial até a Classe 2.

Para as águas da Classe 1 de acordo com o CONAMA 20, são estabelecidos os limites e/ou condições com relação a ausência virtual, isto é, em teores desprezíveis, de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes artificiais, substâncias que formem depósitos objetáveis. O pH deve se situar na faixa de 6.0 a 9.0, a turbidez limitada até 40 UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez), a $DBO_{5\text{dias}}$ (demanda bioquímica de oxigênio) a 20°C até 3mg/l de O_2 , OD (oxigênio dissolvido) em qualquer amostra, não deve ser inferior a 6mg/l O_2 , o nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/l.

Com relação a índices de coliformes fecais para recreação de contato primário deverá ser obedecido o que trata o Artigo 26 dessa Resolução (que estabelece três níveis: excelente, muito bom e aceitável, em função de monitoramento da presença de no máximo, 250, 500 e 1000 coliformes fecais por 100 mililitros de amostra ou 1250, 2500 ou 5000 coliformes totais por 100 mililitros de amostras recolhidas no mesmo local, em cada uma das cinco semanas anteriores), além da limitação de teores máximos de substâncias potencialmente prejudiciais à saúde.

Para a Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites/condições que para a Classe 1, com exceção da não permissão de presença de corantes artificiais que não sejam removidos por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais), o nível de cor natural do corpo de água pode ser de até 75 mg Pt/l, a $DBO_{5\text{dias}}$ a 20° de até 5mg/l O_2 , o OD em qualquer amostra, não inferior a 5mg/l O_2 , e a turbidez limitada até 100 UNT.

5.3 – Lançamento de efluentes de acordo com o CONAMA

De acordo com o artigo 19 da resolução CONAMA 20, é admitido o lançamento de efluentes diretamente, de fontes poluidoras de qualquer origem nos corpos d'água das Classes 1 a 8, desde que estejam enquadrados dentro de determinadas condições que estão relacionadas em seu artigo 21, que também determina que seja realizado um tratamento especial para os efluentes que estejam infectados com microorganismos patogênicos oriundos de hospitais ou outros estabelecimentos semelhantes.

5.4 – Lançamento de efluentes nos rios da Amazônia

A disponibilidade de grandes volumes de água doce na região amazônica não é segundo Branco(1999),o suficiente para se garantir um mínimo de qualidade para uso dessa água para consumo, sendo necessário que essas águas atendam a requisitos mínimos de qualidade.

O comprometimento da qualidade desses corpos d'água pode ser caracterizada desde o lançamento de pequenos volumes de efluentes por comunidades ribeirinhas,os quais não chegam a oferecer segundo Branco, riscos sanitários devido a grande capacidade de autodepuração dos rios, a coleta e lançamento de efluentes nos rios sem desinfecção prévia, em regiões com maior densidade habitacional.

A presença de atividades extrativistas que existem nessa região, também colabora para que haja o comprometimento da qualidade dessas águas, como no caso do garimpo de ouro, onde o mercúrio utilizado acaba contaminando e apresentando concentrações apreciáveis na água e sedimentos de determinados trechos dos rios Madeira, Mutum outros da Amazônia (Veiga et al,1991 apud Branco, 1999).

De acordo com McClain(2001), as águas dos rios e dos lagos satisfazem praticamente todas as necessidades de abastecimento de água que a população da Amazônia, desde o consumo, à cocção, banho e limpeza, não sendo em geral previamente tratada para uso humano.Os rios e canais são importantes hidrovias de

transporte e comércio e recreação, sendo a qualidade crucial para cada um desses usos.

Segundo MacClain, a qualidade dessa água pode ser comprometida devido ao excesso de erosão e nutrientes oriundos de campos e pastagens, a poluição por metais devido a mineração e outras atividades industriais e a poluição orgânica devido a descarga de resíduos humanos e de animais. A capacidade desses rios de assimilarem essas ameaças varia em função de suas descargas, e dos processos biogeoquímicos que ocorrem para eliminação dessas condições prejudiciais.

5.5 – A Qualidade da água para consumo

A portaria MS Nº 518/GM de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, aprova a Norma de Qualidade da água para Consumo Humano, de uso obrigatório em todo território nacional. Essa norma, no Capítulo I artigo 2º de suas disposições preliminares, determina que: “Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”.

De acordo com o Capítulo II artigo 4º, a definição de água potável é: “água potável - água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereçam riscos a saúde”.

O padrão de potabilidade que garante a qualidade da água para consumo humano, é estabelecido pela portaria MS Nº 518/GM de 25 de março de 2004 através de:

- Padrão microbiológico de potabilidade (anexo C)
- Padrão de Turbidez para água pós-filtração (anexo D);
- Padrão de potabilidade para substâncias que representam riscos a saúde (anexo E);
- Padrão de radioatividade para água potável (anexo F); e
- Padrão de aceitação para consumo humano (anexo G).

Partículas na Água

Segundo Letterman(1999), as partículas nas águas tem uma diversidade de origem, tamanho, concentração e formação química, sendo algumas oriundas de processos ou fontes atmosféricas tais como areias, argilas, fibras de diversos materiais, microorganismos ou detritos terrestres e outros produzidos por processos químicos ou biológicos no meio hídrico, tais como precipitação de carbonatos, óxidos ou exudações de organismos aquáticos.

O tamanho dessas partículas pode variar em grau de magnitude, de poucas dezenas de nanômetros como os vírus, a algumas centenas de microns como os zooplânctons. Todas essas partículas podem ser removidas de maneira eficaz por instalações de coagulação, floculação e filtração adequadamente projetadas.

O quadro apresentado na figura 3, com os espectros das partículas mais comuns e os poros de elementos filtrantes dá uma idéia comparativa de dimensões.

Por exemplo, as vesículas e oócitos de protozoários patogênicos são partículas em forma ovóide com dimensões da ordem de 4 a 12 μ m (micrometros) o que confirma a necessidade de se combinar adequadamente os processos a serem utilizados no tratamento da água. As partículas de argila com dimensões menores que 1 μ m são usualmente denominadas de partículas coloidais.

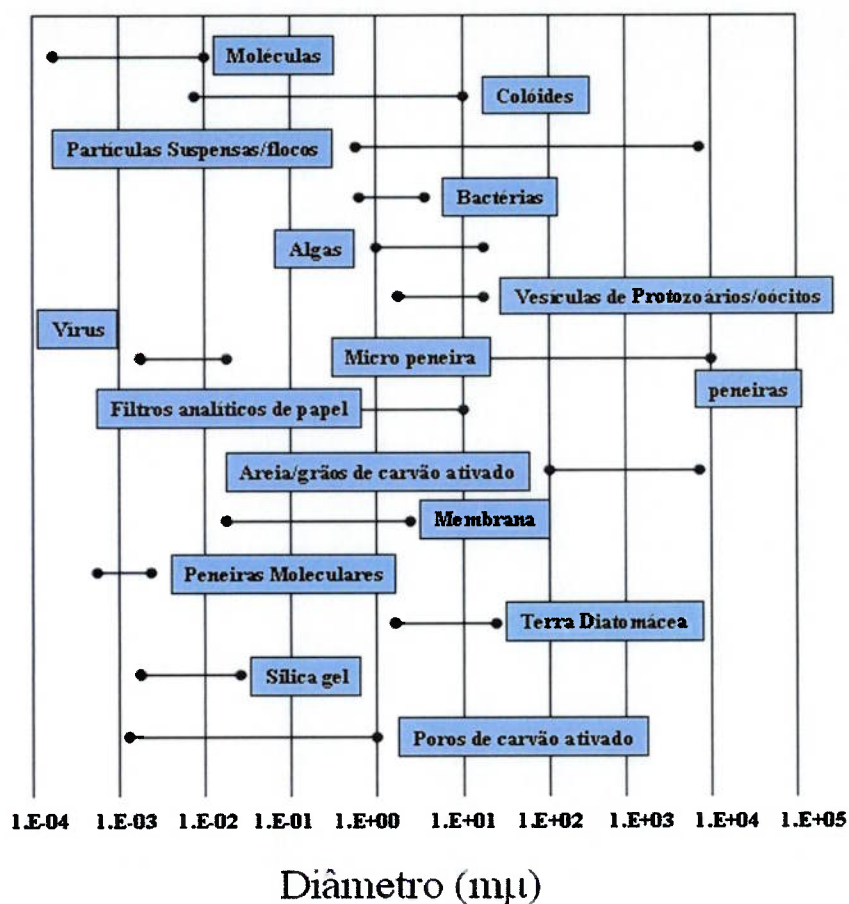


Fig.3 -Espectro de dimensões de partículas e poros de filtros necessários para remoção (Letterman,1999).

5.6 - Impurezas na água

As impurezas presentes na água afetam mais a destinação da água para consumo humano e de acordo com Elliot; Swanekamp(1997), podem causar diversos problemas devido a formação de depósitos em componentes do sistema de redes industriais e equipamentos interferindo na sua confiabilidade, na corrosão das superfícies metálicas, e prejudicando, desde a transferência de calor e restrições no fluxo, até o mais importante que é a qualidade da água para a finalidade que se deseja.

Os principais grupos de impurezas que existem são: a matéria orgânica, os minerais dissolvidos na água, os gases dissolvidos, a matéria em suspensão e os microorganismos (ELLIOT; SWANEKAMP, 1997).

A natureza e quantidade das impurezas contidas dependem da fonte de onde essa água provém. Devido à sua origem, as águas superficiais contêm freqüentemente matéria orgânica, tais como folhas, sedimentos insolúveis, areia e outros materiais inorgânicos que são agregados à água devido à sua passagem através de rochas e outros materiais com os quais entra em contato, sendo também incluídos os agentes contaminantes oriundos dos poluentes industriais.

.Apresenta-se a seguir, dentro de uma variedade de processos que envolvem essa complexa dinâmica de transferência de materiais para a água, a importância do monitoramento da presença destes na água e seus impactos sobre a saúde humana.

5.6.1 - Presença de metais na água

Segundo o Standard Methods (1995), os efeitos da presença de metais nas águas variam de benéfico até a desagradável ou perigosamente tóxico. Alguns metais são essenciais, outros podem afetar de maneira adversa consumidores, sistemas de tratamento e equipamentos, ou corpos d'água onde são lançados, ou podem ser benéficos ou nocivos dependendo da concentração em que se encontram. A presença na água desses metais, pode ser detectada satisfatoriamente por meio de testes com espectrômetro de absorção atômica de chama, cujos requisitos para determinação variam com o metal e/ou sua concentração, utilizando-se aspiração direta em chama de ar-acetileno (para determinar por exemplo, cobre, ferro, potássio, magnésio, sódio, zinco), em chama de óxido nitroso-acetileno (alumínio, cálcio, bário, molibidênio), espectrômetro de absorção atômica eletrotérmico para determinação de micro quantidades (por exemplo, alumínio, arsênico, cromo, cádmio, chumbo), método por espectrofotometria para determinação de micro quantidades de ferro, ou métodos colorimétricos com o uso de reagentes.

A seguir, estão relacionados alguns metais importantes para serem monitorados devido a sua necessidade ou nocividade ao ser humano, aos problemas

que podem ocasionar pela sua ausência, ou em teores fora dos determinados pela legislação vigente:

Alumínio

É o terceiro elemento em abundância na crosta terrestre, ocorrendo em minerais, rochas e argilas. Esta ampla distribuição responde pela presença do alumínio em quase todas as águas naturais como um sal solúvel, um colóide, ou um composto insolúvel. O Alumínio na forma insolúvel, solúvel ou coloidal também pode aparecer em águas tratadas ou servidas, como resíduo da coagulação com material que o contenha em sua composição. A concentração aceitável, por exemplo, na água obtida de um a planta de filtragem por areia deve ser inferior a 50µg/l. (STANDARD METHODS,1995).

Cálcio

A presença de Cálcio em águas naturais é resultado da passagem dessa água através de depósitos de calcário, dolomita, gipsita e xisto. O conteúdo de cálcio pode variar de zero a centenas de miligramas por litro, se apresentando de forma natural na composição dessas águas, devido a sua origem geológica. No tratamento aplicado à água se busca a redução do teor desse cálcio na forma de carbonato de cálcio. Em pequenas quantidades, esse cálcio na forma de carbonato, pode através do depósito de uma fina camada promover a proteção de tubulações metálicas contra a corrosão.

O cálcio também contribui para a dureza total da água, podendo por meio de tratamento de abrandamento químico, osmose reversa, eletrodialise ou troca iônica, ser reduzida sua quantidade e a dureza associada (STANDARD METHODS,1995).

Cobre

Acordo Batalha(1993), o cobre é encontrado em quantidade reduzida nas águas superficiais, sendo de fácil solubilidade quando na forma de cloreto, sulfato ou nitrato, sendo também encontrado naturalmente nos tecidos dos animais. O cobre pode promover sabor desagradável na água, e sua carência em crianças, anemia nutricional.

Os sais de Cobre são usados em sistemas de abastecimento para controle biológico de organismos aquáticos em reservatórios e redes de distribuição e para catalizar a oxidação do manganês. O Cobre é essencial para o ser humano tendo uma quantidade diária requerida estimada em 2 mg (STANDARD METHODS,1995).

Ferro

O ferro é um elemento essencial e um metal muito comum encontrado em grandes quantidades no solo e nas rochas, normalmente em uma forma insolúvel. Devido a reações que ocorrem naturalmente no solo, pode-se ter formas solúveis de ferro que irão contaminar a água que tiver contato com esses meios. É indesejável em quantidades excessivas. O ferro é solúvel no estado ferroso (Fe^{2+}) sendo oxidado na presença de ar para a forma férrica insolúvel (Fe^{3+}). Em águas fluviais, as quais são normalmente bem aeradas, o ferro se presente, estará sempre na sua forma insolúvel. As diretrizes da Organização Mundial de Saúde estabelecem uma concentração máxima de 0.3 mg/l (GRAY, 1994).

Magnésio

O Magnésio é um constituinte abundante e comum das águas naturais, sendo um importante contribuinte para a dureza das águas. Em concentrações maiores que 125 mg/l também pode ter um efeito laxante e diurético. Podemos por meio de abrandamento químico, osmose reversa, eletrodialise ou troca iônica reduzir sua quantidade e a dureza associada a níveis aceitáveis. Como o Cálcio, sua concentração pode variar de zero a centenas de miligramas por litro dependendo da origem e do tratamento dado a água (STANDARD METHODS, 1995).

Mercúrio

De acordo com Batalha (1993), o mercúrio é encontrado no meio ambiente em razão de seu uso em processos industriais, na agricultura e em atividades humanas como o garimpo em rios.

Branco (1999), relata existência de uso de mercúrio no garimpo de ouro em rios da região norte e centro-sul do país, o que explica o fato do mercúrio metálico utilizado no processo de garimpo liberado nos rios. Este mercúrio sofre a ação bioquímica de bactérias, sendo transformado por essas bactérias em mercúrio orgânico, que é de fácil absorção por diversos tipos de organismos que podem fazer parte da cadeia alimentar humana, vindo por meio de um processo cumulativo no corpo humano, alcançar futuros níveis de toxicidade.

De acordo com o Standard Methods (1995), os sais orgânicos e inorgânicos de mercúrio são muito tóxicos e sua presença no meio ambiente, especialmente na

água, deve ser monitorada não devendo exceder a níveis superiores a $2\mu\text{g/l}$ em águas potáveis.

Sódio

O Sódio também está presente na maioria das águas naturais. Os níveis podem variar de menos de 1mg/l a mais de 500mg/l . Concentrações relativamente altas podem ser encontradas em águas marinhas. O consumo médio de 6g/dia de sódio está relacionado a necessidade de seu uso na alimentação com possibilidade de efeitos adversos sobre a saúde humana relacionados a pressão arterial e problemas renais (BATALHA, 1993). Para a água potável, o valor máximo permitido é de 200mg/l de acordo com a Portaria nº 518/GM do Ministério da Saúde.

5.6.2 - Presença de compostos inorgânicos não metálicos

Sílica

A sílica aparece na crosta terrestre em quantidade próxima a do Oxigênio, como óxido no quartzo e na areia, e está combinada com metais em diversas formas de minerais silicatos, particularmente rochas ígneas. A decomposição de rochas contendo sílica resulta na presença de sílica nas águas naturais na forma de partículas em suspensão, na forma coloidal, no estado polimérico, como ácidos silicíclicos ou íons de silicato. O teor de sílica (SiO_2) da maioria das águas naturais varia de 1 a 30mg/l , sendo indesejável principalmente na utilização da água em processos industriais, devido a formação de depósitos de difícil remoção em equipamentos (STANDARD METHODS, 1995).

Sulfatos

Os Sulfatos de acordo com Batalha (1993), podem ser originados da lixiviação de minerais, da oxidação de sulfetos, sulfitos ou de matéria orgânica. Os sulfatos (SO_4^{2-}) está amplamente distribuído na natureza e pode estar presente nas águas naturais oriundo de atividades de mineração, desde concentrações mínimas até milhares de miligramas por litro, exercendo uma ação laxante na forma de sulfato de sódio ou de magnésio (STANDARD METHOD, 1995). Para a água potável, o valor máximo permitido é de 250mg/l de acordo com a Portaria nº 518/GM do Ministério da Saúde.

Fosfatos/fósforo

De acordo com o Standard Methods(1995),o fósforo só ocorre em águas naturais e águas servidas quase que exclusivamente na forma de fosfatos. De acordo com Batalha (1993), os fosfatos de Sódio, de Cálcio na forma monocálcio, de Potássio e de Amônia são solúveis em água e aparecem devido à lixiviação de minerais, da degradação de compostos em processos naturais ou oriundo da decomposição de matéria orgânica, sendo essenciais para todas as formas de vida. É responsável quando em altas concentrações devido sua ação como nutriente pela eutrofização das águas que é o aumento da atividade biológica do ecossistema, promovendo o crescimento da população de algas e plantas aquáticas.

Nitrogênio/Nitratos/Nitritos/Amônia

Encontramos o Nitrogênio nas águas naturais e servidas, em ordem decrescente do estado de oxidação nas formas de nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio orgânico. Estas formas de apresentação fazem parte do ciclo do Nitrogênio O Nitrogênio orgânico se inclui em materiais tais como proteínas, ácidos nucléicos e uréia.Os nitratos ocorrem em pequenas quantidades em águas superficiais.Em quantidades excessivas pode contribuir para uma doença para o aparecimento de uma doença conhecida pelo nome de metemoglobinemia em crianças, sendo estipulado um limite de 10mg/l para a água de consumo para se evitar tal doença.De acordo com Batalha (1993),Os nitratos e suas concentrações, estão relacionados ao ciclo de vida e atividades das plantas e animais.O nitrito é um estado intermediário de oxidação do Nitrogênio, tanto na oxidação da Amônia para nitrato quanto da redução do nitrato (STANDARD METHODS,1995).

A amônia se encontra presente naturalmente nas águas superficiais e águas servidas. É produzida em grande escala pela remoção do radical amina dos compostos de amina (“deamination”) de compostos de nitrogênio orgânico e por hidrólise de uréia .Em alguns sistemas de tratamento de água, a amônia é adicionada para reagir com o cloro e formar cloro residual combinado e reage também com o cloro para formar cloraminas. Os teores encontrados em água superficiais, variam de menos de 10µg/l à 30mg/l em águas servidas, não estando relacionada na Portaria nº 518/GM do Ministério da Saúde como substancia isolada que represente risco à saúde humana a não ser na sua forma combinada de monocloramina.

5.6.3 – Presença de microorganismos na água

Segundo Spellman(2001), as águas naturais contém comunidades de microorganismos que podem ser responsáveis por problemas de saúde pública, sendo a determinação das características biológicas dessas águas, um dos aspectos mais importantes no tratamento de água, que além dos problemas sanitários pode afetar a qualidade do tratamento físico e químico das plantas de tratamento.

De acordo com Spellman, além da contaminação da água tratada por infiltrações de água não potável nas redes de distribuição, que é um problema de relativamente fácil controle e reparo, as principais causas de surtos de doenças são a utilização de fontes de água contaminadas e aplicação de tratamentos deficientes que respondem por cerca de 92% dos problemas de saúde relacionados a esses dois problemas.

Os principais grupos de patogênicos de interesse relacionados ao tratamento de água são as bactérias, os vírus e os protozoários.

Segundo Spellman, bactérias são organismos unicelulares com tamanho típico na faixa de 0,1 a 10 μ m, com alguns tipos filamentados podendo chegar a 100 μ m.

Os vírus que são obrigatoriamente parasitas e dependem de um hospedeiro para realizar seu metabolismo e apresentam um tamanho típico na faixa de 0,001 a 0,1 μ m e os protozoários que são microorganismos celulares na faixa de 1 a μ m que vivem livremente na natureza e podem ser encontrados nas águas. Os protozoários da mesma forma que os vírus, também podem usar como hospedeiros desde organismos mais simples como as algas, até ao homem .

De acordo com Gray(1994), apesar da alta eficiência dos processos de tratamento de água por meio de filtros lentos de areia e processos de coagulação, a água depois de tratada, ainda apresentará vírus e bactérias que necessitarão ser removidos.

Gray, considera que na prática se torna inviável a esterilização para destruição de todos os microorganismos que existentes na água, devido ao nível de concentração dos produtos químicos necessários que tornariam essa água desagradável e possivelmente perigosa para o consumo humano.

As propriedades gerais tais como o pH, a alcalinidade, a turbidez e constituintes químicos da água afetam a prevalência desses microorganismos. A mera presença de microorganismos não significa necessariamente que uma água esteja imprópria para consumo. De fato, muitos organismos comuns nas águas não são patogênicos, sendo benéficos porque ajudam na decomposição de nutrientes orgânicos e detritos que chegam as águas por meio de fontes naturais ou por meio do homem.

Segundo o EPA(1990), diversos fatores existentes na água afetam as condições dos microorganismos e suas capacidades para infectar o ser humano. Uma dos mais importantes fatores é o pH. Geralmente a sobrevivência desses é prolongada para um pH próximo da neutralidade (aprox. pH=7). Para pH menores que 6 ou maiores que 8, patogênicos entéricos por ex, mostraram um aumento na taxa de mortalidade ou inativação, porém nem todos os patogênicos reagem as variações de pH da mesma forma.

A temperatura também desempenha um papel significante prolongando a sobrevivência para valores próximo do congelamento e reduzindo a sobrevivência para temperaturas de cerca de 25° C ou mais. Devido à presença de material particulado e matéria coloidal oriunda de poluição humana, na maior parte das águas superficiais e de processos naturais ligados a eventos climáticos ou meteorológicos, microorganismos especialmente bactérias e vírus, acabam sendo adsorvidos ou penetram nestes materiais se deslocando ou se depositando com eles.

A associação de microorganismos patogênicos com a turbidez pode ser prejudicial ou benéfica para a sobrevivência desses patogênicos, dependendo da natureza da associação. Os organismos que estiverem associados à turbidez, podem ser prontamente eliminados por uma tecnologia de tratamento adequada. Por outro lado, se a água for ineficientemente filtrada, a turbidez especialmente de composição orgânica, poderá proteger tais organismos de desinfetantes químicos permitindo a sobrevivência de patogênicos.

5.7 – Sistemas de tratamento da água

De acordo com Stevenson(1998), o termo tratamento de água tem sido amplamente entendido como os procedimentos adotados para purificar a água para consumo humano ou para finalidades industriais. Para esse tratamento, utilizam-se principalmente processos físicos-químicos.

A maioria das plantas de tratamento de águas superficiais utilizam pelo menos dois estágios. Um primeiro estágio denominado clarificação, que seja capaz de lidar com a qualidade tão variável da água bruta, algumas vezes com altos níveis de sólidos em suspensão como em alguns trechos de rios na Amazônia. E, um segundo estágio, onde se processa a filtração e onde após esta se obtém água com a qualidade final desejada. Em alguns casos, esses estágios não são suficientes para a remoção de todos os contaminantes indesejáveis e pode ser necessária a utilização de carvão ativado para a absorção, por exemplo, de pesticidas(STEVENSON,1998).

A qualidade bacteriológica requerida para a água é obtida pela combinação desses procedimentos mais a adição de agentes desinfetantes como o cloro, o qual é usualmente aplicado como um estágio final após a maioria dos sólidos em suspensão terem sido removidos.

Gray(1994) afirma que embora uma filtração lenta por areia , seja bastante eficiente na remoção de bactérias, e o uso de processo de coagulação seja bom para remoção de vírus, a água tratada ainda contém patogênicos que necessitam ser removidos ou destruídos.Na prática torna-se impossível a esterilização da água para a eliminação de todos os micro-organismos presentes, devido à excessiva concentração de produtos químicos requerida, tornando essa água desagradável ao paladar e perigosa para o consumo.Por este motivo, a água é submetida preferencialmente a desinfecção por cloro ou outros processos tais como ozonização ou uso de radiação ultra-violeta, que garanta que a água filtrada estará com um nível seguro de organismos patogênicos.

Pré-Tratamento

De acordo com Spellman(2001), a aplicação de qualquer processo físico, químico ou mecânico aplicado previamente a um tratamento principal de água é considerado como um pré-tratamento.

Esse pré-tratamento segundo Spellman, geralmente por meio de oxidação ou outro processo, é usado para a remoção de substâncias indesejáveis que dão sabor ou cheiro a água, de ferro e manganês e precursores (trihalometanos).Nesses processos, pode-se utilizar além do cloro,do carvão ativado,oxidação por ozônio, aeração ou pré-sedimentação.

De acordo com Stevenson (1998), o pré-tratamento pode ser definido como qualquer processo aplicado à água antes da coagulação e do estágio principal de separação. Dentre os recursos utilizados para um pré-tratamento estão:

- a utilização de caixas de areia, grades e telas para se evitar a entrada de grandes sólidos pelo sistema de captação e pelas bombas;
- sistemas de aeração que podem aumentar o nível de oxigênio dissolvido, remover o dióxido de carbono, remover gases dissolvidos e melhora do sabor da água;
- pré-deposição de partículas em águas com elevados níveis de sólidos em suspensão por meio de uso de polieletrólitos;
- oxidação química de águas naturais para precipitação de ferro e manganês;
- pré-cloração.

Com relação à adição de produtos químicos nos processos de pré-tratamento, Spellman (2001) recomenda que se escolha o produto mais adequado e em uma dosagem correta.Na pré-cloração,o cloro é usado como agente oxidante para auxiliar na remoção de ferro e manganês, diferentemente da cloração onde é usado para desinfecção no final do tratamento. Segundo Spellmann, a pré-cloração apresenta o risco potencial de formação de trihalometanos na forma de “by-products” devido a reação entre o cloro e compostos naturais existente nas águas naturais.

Filtração

A filtração no tratamento de água, é a passagem desta água através de um meio poroso para a remoção de sólidos em suspensão. Os mais antigos relatos sobre

tratamento de água, datam de cerca de 4000 a.C com a utilização de filtros a base de areia, carvão e cascalho. Embora a filtração fosse feita inicialmente com o único propósito de melhorar a aparência da água, pesquisas que ocorreram durante o século dezenove, demonstraram que os filtros lentos possuem uma excelente capacidade de remoção de bactérias e não somente a remoção da turbidez da água (AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS,1990).

De acordo com Di Bernardo (1993), na filtração rápida descendente, como no caso do filtro usado a bordo (anexos H), as impurezas contidas na água ficam retidas ao longo do elemento filtrante e independentemente das condições em que ocorre a filtração, com um determinado tempo de uso se torna necessário a limpeza por lavagem do filtro, como apresentado no desenho, no sentido de refluxo para se obter a liberação destas impurezas.

Segundo Spellman (2001), os tipos mais usuais de tecnologia de filtração utilizadas são com a utilização de filtros rápidos ou lentos de areia, os filtros de pressão, os filtros de terra diatomácea e a filtração direta, com uma crescente utilização de tecnologia de filtração por membranas.

Segundo Spellman, a utilização de filtros lentos apresenta uma boa eficiência e baixo custo de construção e operação sendo mais adequada a pequenos sistemas de tratamento de água.Os filtros rápidos são similares aos lentos com uma taxa de filtração mais elevada, adequado para necessidades de maiores volumes de água.

Os filtros de pressão são operacionalmente idênticos aos de filtros rápidos de areia, com a diferença de estarem contidos dentro de um vaso de pressão e dispõem de um sistema de controle com redes e válvulas em um único conjunto.

Os filtros de terra diatomácea, segundo Spellman,são fabricados com material um material poroso de originado de esqueletos de animais marinhos, sendo de baixo custo porém apresentando problemas de operação e manutenção, podendo ser usado para filtração de água bruta com baixa turbidez(< 5 UNT).

Na filtração direta não se emprega os estágios de floculação e sedimentação, se fazendo passar a água adicionada de coagulante pelo filtro, sendo a remoção dos sólidos realizada neste o que diminui o tempo de uso e a utilização de uma razoável quantidade de água para a retrolavagem do mesmo.

Carvão Ativado

De acordo com Stevenson (1999), o carvão ativado é usado no tratamento de água para a absorção de compostos orgânicos solúveis e voláteis e para prover tratamento biológico. Os compostos removidos incluem aqueles que alteram o sabor devido à sua presença ou após reação com o cloro e compostos tais como pesticidas, hidrocarbonetos, os quais podem ter excedido os limites estabelecidos. O tipo de filtro utilizado no navio é de carvão ativado granular (CAG), conforme o desenho apresentado (anexo I), sendo virtualmente idêntico aos filtros de areia (anexo H). Na verdade, muitos filtros convencionais de areia têm sido convertidos para filtros de carvão ativado, nos quais o conjunto cobre tanto as funções de filtração quanto de absorção. O tamanho do grão é então escolhido principalmente para atender à filtração.

Os filtros de carvão ativado irão também filtrar qualquer turbidez residual que tenha passado pelo filtro principal, neste caso, o filtro de areia que vem antes na linha de tratamento. Devido também a uma ação biológica inerente, ocorrerá a formação de limo e crescimento de fungos. Por esta razão, uma retrolavagem periódica (de uma a duas vezes por semana é necessária).

Usualmente, uma tomada de ar para limpeza é disponível, porém não deve ser usada regularmente porque tende a misturar o carvão e destruir o que se denomina de “absorption front”, reduzindo a eficiência do processo. Na lavagem, o carvão normalmente sofre uma expansão em volume de 15 a 20%. A utilização de ar combinado com a lavagem pode provocar um tipo de arredondamento do grão de carvão e conduzir a perdas de suas propriedades.

A vida útil do carvão ativado para remoção de sabor é tipicamente na faixa de 3 anos, e para remoção de pesticidas a vida útil pode ser de apenas 3 meses. O carvão pode ser regenerado termicamente em fornos especiais, porém pode causar problemas pela presença residual de sulfetos ou alcalinidade, devendo ser muito bem retrolavado para sua reutilização.

Os carvões ativados não regeneráveis devem receber um tratamento especial para o seu descarte em terra se tiverem absorvido pesticidas apesar dessas substâncias estarem mais firmemente retidas que em seu estado original.

O carvão ativado granular também removerá qualquer cloro ou ozônio presente na água de consumo. O carvão ativado converte a cloramina em amônia. Conforme citado, deve-se sempre se efetuar a desinfecção após os filtros de carvão ativo granular para se remover as bactérias que tenham se abrigado nos filtros.

De acordo com o EPA (1990), os filtros CAG proporcionam um ambiente ideal para o crescimento de bactérias porque o carvão ativado reduz quimicamente o cloro presente na água, interferindo com a capacidade de desinfecção do cloro. As bactérias crescem na superfície do grão de carvão ativado e muitas vezes aparecem no efluente. Entretanto, esta atividade biológica tem também a vantagem de remover os compostos biodegradáveis que podem causar a deterioração da qualidade da água no sistema de distribuição.

Uma desinfecção suficiente para matar esses organismos deve ser feita em seguida ao uso carvão ativado granular. Entretanto, devido à capacidade do CAG de remover compostos orgânicos, geralmente é necessário menor quantidade de desinfetante da que seria utilizada sem o tratamento com carvão ativado granular, para se obter o nível desejado de desinfecção.

Processos de tratamento de água por membranas

De acordo com a Water Works Association(1998), os processos de tratamento por membranas são classificados de acordo como a energia para efetuar o tratamento é aplicada que pode ser basicamente por pressão, elétrica, térmica, por gradiente de concentração ou combinação dessas forças. Os processos utilizando membranas, são a microfiltração, a ultrafiltração, a nanofiltração e a osmose reversa. Nesses processos a água sob pressão passa através da membrana, que é impermeável às substâncias que se deseja remover.

A água tratada por membrana é permeada nos processos de osmose reversa, nanofiltração, e ultrafiltração e filtrada no processo de microfiltração.

Nos três primeiros processos, a água passa por difusão através de uma fina e densa membrana. A água é permeada por meio de um fluxo tangencial a essa membrana produzindo um permeado, a água e um concentrado .

Filtração convencional vs. Fluxo tangencial cruzado

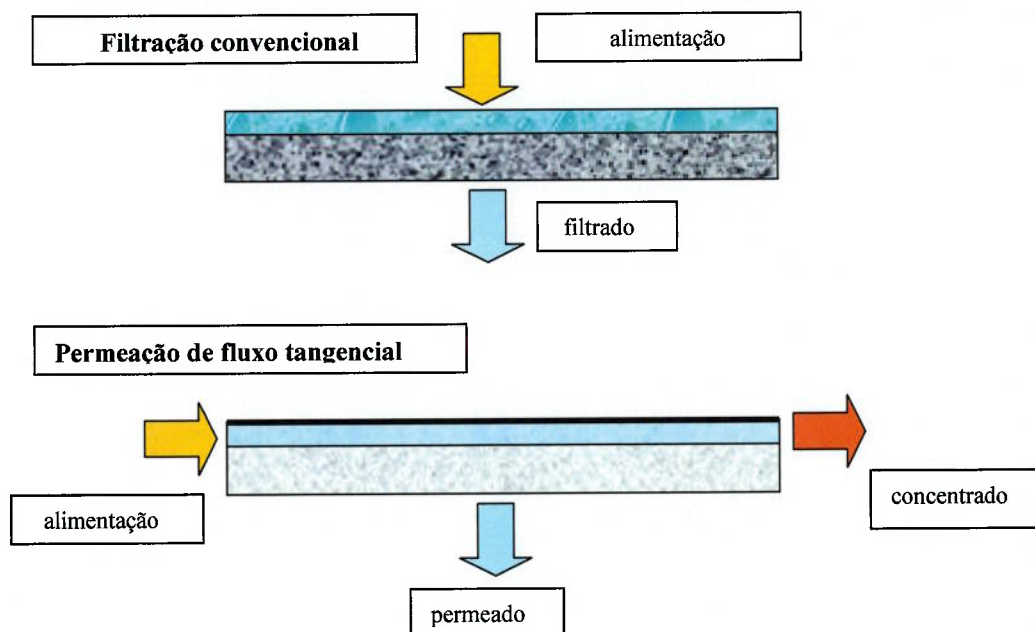


Fig. 4 - Filtração convencional vs fluxo tangencial.

(Revista Água Latinoamérica,2004)

De acordo com a Water Works Association(1998),as membranas utilizadas nos processos por pressão são constituídas normalmente de celulose (acetato, de mistura de acetatos ou triacetatos) ou polímeros orgânicos sintéticos.Dentre outros tipos que não celulose, estão as de poliamidas, polivinílicas, acrílicas e compostas.

Existem quatro tipos básicos de processos por membranas com dimensões de poros no caso de microfiltração na faixa de 0,05 microns ou maiores, as de ultrafiltração na faixa de 0,005 a 0,05 microns e as membranas de nanofiltração e osmose reversa que não tem porosidades e trabalham por difusão molecular (New Logic Research, 2004).

De acordo com a Water Works Association, as aplicações mais usuais para os quatro tipos de filtração por membrana são:

Osmose Reversa e eletrodialise

- redução de sólidos totais dissolvidos;
- desalinização de água do mar;
- remoção de fluoretos, nitratos, nitritos, amônia, fosfatos;
- radionuclídeos (somente osmose reversa).

Nanofiltração

- remoção de dureza;
- remoção de orgânicos;
- THMs(trialometanos) e precursores de DBP(“desinfection by-products”);
- pesticidas;
- cor.

Ultrafiltração

- remoção de orgânicos;
- remoção de particulado;
- sólidos em suspensão;
- turbidez;
- bactérias;
- vírus;
- cistos de protozoários;
- colóides.

Microfiltração

- remoção de particulado;
- sólidos em suspensão;
- alguns tipos de colóides;
- bactérias;
- alguns tipos de vírus(agregados ao material particulado);

- cistos de protozoários;
- turbidez;
- remoção de produtos químicos inorgânicos (após precipitação química ou ajuste de pH);
- fósforo;
- dureza;
- metais.

De acordo com a Water Works Association(1998), a maioria dos sistemas de tratamento que utilizam membrana, necessitam de um pré tratamento da fonte de água que deve ser compatível com a qualidade da água de alimentação desse sistema e do tipo de membrana que é empregado.

Esse pré tratamento permite uma utilização eficiente e prolongamento da vida útil da membrana além de modificar as condições dessa água prevenindo a obstrução e aderência de materiais. A obstrução devido ao crescimento de microorganismos, pode promover a degradação de determinados tipos de membranas de osmose reversa e de nanofiltração feitas de acetato de celulose,devendo ser realizada a desinfecção com cloro.

Essa cloração deve ser realizada dentro de certas condições. A maioria das membranas de acetato de celulose podem tolerar no máximo 1,0 mg/l de cloro livre, vários tipos de poliamidas não toleram o cloro ou outros oxidantes fortes.Além desses cuidados, outros fatores importantes a serem considerados na utilização de membranas, são as faixas de pH especificadas para trabalho(as de acetato na faixa de 4 a 6,5 as de poliamida de 4 a 10) e a temperatura (na faixa de 35 a 40° C), que interferem na vida útil das mesmas.

De acordo com a Water Works Association, um mínimo de instrumentação e controle é requerida para se proteger contra danos um sistema que utilize membranas,por meio utilização de medidores de temperatura, medidores de pH, turbidímetros e medidores de pressão, instrumentação essa que dependendo do sistema utilizado, poderá ser monitorada remotamente em um centro de controle.

5.8- A Bacia Amazônica

As principais hidrovias de atuação dos navios de Assistência Hospitalar que são subordinados ao Comando Naval da Amazônia Ocidental (CNAO), situam-se na bacia hidrográfica da Amazônia, que segundo Rebouças(1999), apresenta uma extensão de aproximadamente 18 000km de rios potencialmente navegáveis.

Essa bacia de acordo com Rebouças (1999), está localizada em meio a uma grande diversidade biológica e intensa vegetação, representando uma área de ocupação de quase 50% de todo o território brasileiro.

Nesse ecossistema se encontram rios de grandes extensões e volumes de água, igarapés, igapós e níveis elevados de precipitação pluviométrica e de umidade atmosférica.

Segundo Rebouças (1999), esses rios além do excedente hídrico em forma de escoamento superficial que recebem, também são abastecidos por uma reserva móvel de fluxos de águas subterrâneas, que pode ser oriundas de regiões que não aquelas onde aconteceram as precipitações que lhes deram origem. Uma parte dessa reserva vai alimentar os rios quando dos períodos de estiagem, permitindo a sua continuidade.

De acordo com Rebouças, são efetuadas descargas de água doce da ordem de 41 000 km³ por ano nos rios do mundo, oriundas desse imenso ciclo hidrológico.

A tabela 1 a seguir, o apresenta o Brasil em posição privilegiada com relação a descarga média nos seus rios.

Descarga dos rios dos países mais ricos de água doce (km³/ano^{*})

País	Descarga média dos rios
Brasil	* 6.220 ou 197.500 m ³ /s
Rússia	* 4.059 ou 128.857 m ³ /s
USA (com Alaska)	* 3.760 ou 119.365 m ³ /s
Canadá	* 3.290 ou 104.444 m ³ /s
China	* 2.800 ou 88.888 m ³ /s
Indonésia	* 2.530 ou 80.317 m ³ /s
Índia	* 1.850 ou 58.730 m ³ /s
Colômbia	* 1.200 ou 38.095 m ³ /s
Peru	* 1.100 ou 34.920 m ³ /s
Comunidade Européia (15 países)	* 1.171 ou 37.174 m ³ /s

Fonte:Margat,1998

Tab.1 – Descarga dos rios dos países mais ricos de água doce (km³/ano^{*})
(Rebouças, Águas Doces do Brasil,1999).

De acordo com Rebouças(1999),o imenso volume de descarga de água doce dos rios do Brasil, dá ao país uma projeção de destaque no mundo com sua produção hídrica de 177.900 m³/s somados aos 73.000 m³/s da Amazônia Internacional, representando um percentual de 53% dos 334.000 m³/s do volume de água doce do continente Sul Americano, e 12% dos 1.448.000 m³/s, que é a quantidade total estimada no mundo.

Segundo Rebouças, a região amazônica responde por um percentual de 78% da produção hídrica do país tendo como contraste, uma densidade demográfica de apenas 2 a 5 habitantes/km².

Conforme J.Tundisi; T. Tundisi; Rocha (1999), além de áreas pantanosas e lagos e de rios de consideráveis volumes e extensões com grandes várzeas associadas, fazem parte do continente Sul Americano, bacias hidrográficas importantes, cujas três principais, a Bacia do Amazonas, a Bacia do Prata e a Bacia

do Orinoco, participam com 13% da quantidade dos sólidos em suspensão despejados nos oceanos por todos os rios existentes no mundo.

Dessas, acordo J.Tundisi; T. Tundisi; Rocha (1999), a bacia hidrográfica do Amazonas, que ocupa uma considerável área do território brasileiro, recebendo uma contribuição de energia e materiais como apresentado na tabela 2, de diferentes áreas geológicas que irão caracterizar o que se denomina de “águas brancas”, principalmente devido a presença de sedimentos oriundos dos Andes e “águas pretas” que é o resultado da passagem do rio através de vegetação.

Características dos principais rios sul americanos

Rio	Descarga (m ³ /s)	Área da bacia hidrográfica 10,6 km ²	Extensão (km)	Drenagem l x s ⁻¹ x km ⁻²	Sólidos totais dissolvidos (taxa de transporte de massa) 10,6 ton/ano	Sólidos totais em suspensão (taxa de transporte de massa) 10,6 ton/ano
Amazonas	175.000	6,3	6.577	28,0	290	900
Paraná	15.000	2,8	4.000	5,3	38,3	80
Orinoco	36.000	1,0	2.150	32,7	30,5	150
São Francisco	3.760	0,63	2.900	6,0	-	6
Magdalena	6.800	0,26	1.316	26,5	20	220
Uruguay	4.600	0,24	-	16,0	6	11

Fonte:Tundisi (1994)

Tab.2 –Características gerais dos principais rios sul americanos.

(Tundisi,Águas Doces do Brasil,1999)

Acordo J.Tundisi; T. Tundisi; Rocha (1999), estes rios apresentam uma importância econômico-social muito grande devido ao vínculo de dependência das populações locais que se servem desses recursos, e cujas atividades humanas ocasionam impactos significativos na utilização futura desses recursos. Na figura 5, podemos observar a distribuição das principais bacias hidrográficas do Continente Sul Americano, tendo como destaque, a imensa bacia Amazônica.



Figura 1 – Principais bacias hidrográficas da América do Sul.

Fig.5 – Distribuição das principais bacias hidrográficas do continente sul americano.

(Tundisi, Águas Doces do Brasil, 1999)

De acordo com J.Tundisi; T. Tundisi; Rocha (1999), Toda a bacia Amazônica é submetida a uma constante modificação em seu complexo sistema de rios, canais, várzea e vegetação terrestre devido à sedimentação e ao transporte de sólidos em suspensão que ocorrem nos períodos de enchentes, e durante as épocas de seca. Essas flutuações no nível de água, tem um peso considerável no funcionamento ecológico, biológico, físico e químico do sistema.

De acordo com J.Tundisi; T. Tundisi; Rocha (1999), o termo várzea é utilizado para se denominar uma área de inundação completa, chamada de “florestas de várzea”, inundadas por águas brancas que como citamos acima, contém uma grande quantidade de material em suspensão, típicas dos rios Amazonas, Solimões e Madeira, e, as “florestas de igapó”, que são inundadas pelas águas do rio Negro que tem uma extensão de aproximadamente 1500 km, principal tributário do rio Solimões-Amazonas, e o rio Tapajós e que apresentam pH ácido e baixo teor de cálcio.

Neto (2001) em seu trabalho, caracteriza três tipos de rios na região amazônica, que são: os rios de água branca/barrenta, que apresentam uma grande concentração de sedimentos de argila em suspensão e que são ricos em sais minerais, matéria orgânica e em peixes. Os rios de águas pretas, que quase não apresentam erosão fluvial, com escassez de peixes e presença de ácido húmico devido a decomposição de matéria vegetal do chão das matas alagadas, carregadas pelas chuvas e cheias, rios esses que são tradicionalmente considerado como “propícios a aguada”; e os rios de águas claras ou verdes, com reduzido transporte de sedimentos, presença de matéria orgânica e grande presença de peixes, indicado mesma forma que os rios de água preta, como adequados para coleta de água .

5.8.1 – Caracterização da qualidade da água dos rios da Amazônia

Segundo Stumm e Morgann (1981), as águas naturais adquirem suas características químicas pela dissolução e pelas reações químicas com sólidos, líquidos e gases com os quais entra em contato durante as várias fases do ciclo hidrológico. Os diversos químicos orgânicos encontrados nessas águas podem ser considerados como produtos tanto de biosíntese como de biodegradação.

Segundo Stumm e Morgann (1981), os compostos orgânicos se estendem em dimensão de uma ampla faixa, desde o CH₄ (metano) a polímeros, e em funcionalidade, de hidrocarbonetos até complexos compostos multifuncionais. O conhecimento dessas estruturas pode revelar informações sobre os processos nos quais esses compostos estejam envolvidos.

De acordo com Sioli (1984), os rios da Amazônia se diferenciam na morfologia de seus cursos e também pela propriedades físico-químicas de suas águas. As águas negras apresentam uma faixa de pH de 3,8 a 4,9, as águas brancas de 6,2 a 7,2.

Segundo Furch (1984), a primeira classificação das águas doces da Amazônia se baseava principalmente em seu aspecto visual e que caracterizavam as chamadas “águas negras” como as que continham altas concentrações de compostos húmicos, as “águas brancas” como as que apresentavam alta concentração de sólidos em

suspensão, e as “águas claras” sem turbidez devido a sólidos, ou coloração por compostos húmicos.

Pesquisas realizadas por Sioli, na década de setenta, com amostras de água coletadas mensalmente durante três anos em trechos de rios (rio Solimões e rio Negro) próximos da região de Manaus, apresentaram resultados médios relacionados na tabela 3 a seguir, para concentrações de alguns elementos químicos.

Concentrações médias de diferentes elementos químicos em águas do Amazonas

	Rio Solimões			Rio Negro		
	n	m	d	n	m	d
Na (mg/l)	29	2,3	0,8	27 ⁽¹⁾	380	124
K (mg/l)	29	0,9	0,2	27 ⁽¹⁾	327	107
Mg (mg/l)	29	1,1	0,2	27 ⁽¹⁾	114	35
Ca (mg/l)	29	7,2	1,6	27 ⁽¹⁾	212	66
Na+K+Mg+Ca (mg/l)	29	11,5	2,6	27 ⁽¹⁾	1020	312
Condutância ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	27	57	8	24	9	2
pH	27	6,9	0,4	24	5,1	0,6
Ptot ($\mu\text{g/l}$)	28	105	58	26	25	17
Ctot (mg/l)	28	13,5	3,1	26	10,5	1,3
Cl (mg/l)	26	3,1	2,1	26	1,7	0,7
Si (mg/l)	28	4,0	0,9	26	2,0	0,5
Sr ($\mu\text{g/l}$)	29	37,8	8,8	27	3,6	1,0
Ba ($\mu\text{g/l}$)	29	22,7	5,9	27	8,1	2,7
Al ($\mu\text{g/l}$)	29	44	37	27	112	29
Fe ($\mu\text{g/l}$)	2	109	76	27	178	58
Mn ($\mu\text{g/l}$)	29	5,9	5,1	27	9,0	2,4
Cu($\mu\text{g/l}$)	29	2,4	0,6	27	1,8	0,5
Zn($\mu\text{g/l}$)	29	3,2	1,5	27	4,1	1,8

Nota:

(1) Valores nestes casos são em $\mu\text{g/l}$.

n - numero de amostras

m - concentração média

d - desvio padrão

Tabela 3 – Concentração média e diferentes elementos químicos em águas do Amazonas (Sioli,1984).

O rio Solimões foi considerado relativamente rico em eletrólitos em relação ao rio Negro, com suas águas são neutras com relação ao valor de pH (6,5 à 6,9), diferentemente dos valores (4,5 à 5,1) encontrados no rio Negro, pobre em

eletrólitos. Essa diferença pode ser observada pela diferença nos valores de condutância encontrados para os dois rios.

De acordo com Furch, as concentrações de elementos químicos encontrados mesmo nas águas consideradas ricas em eletrólitos, não chegam a alcançar nem sequer a 50% da média mundial, apesar da presença de cálcio acima da média, caracterizando as águas como as do rio Solimões como carbonatadas.

Em contrapartida, as águas relativamente ácidas do rio Negro, com baixo nível de eletrólitos, apresentaram uma quantidade bem superior de alumínio e ferro.

De acordo com MacClain (2001), na via principal do rio Amazonas se registra a presença de diversos tipos de metais transportados na forma de particulado. No rio Negro se observa o caso desse transporte de traços de metais complexados com matéria orgânica dissolvida.

Segundo MacClain, atualmente a presença de traços de metais no rio Amazonas é discreta, com pequenas exceções localizadas. Porém alerta que apesar dessa presença ainda não ser um problema, deve ser considerada entretanto a poluição por metais devida a ocorrência de lançamentos em diversos locais de garimpo, e os lançamentos industriais das cidades mais industrializadas na região.

Segundo Fittkau, 1971 apud MacClain e Elsenbeer 2001, o recebimento de materiais orgânicos e inorgânicos por intermédio de processos terrestres, e as condições químicas de fluxos que aportam os cursos d'água, dentro de certos limites determinam a natureza das reações e até mesmo a composição da comunidade biológica desses cursos.

6.0 – ANÁLISE DO SISTEMA DE TRATAMENTO EXISTENTE

De acordo com a descrição do sistema disponível a bordo e do diagrama do sistema de tratamento de água apresentado na figura 1, verifica-se que foi projetada a instalação de um misturador e de uma bomba dosadora de cloro e alumínio antes dos tanques de sedimentação.

Não existe nenhum componente para adição ou controle da dosagem do cloro na entrada dos tanques de armazenamento.

No projeto existente, a água do rio é recalçada por meio de uma bomba centrífuga através de bocais instalados no costado do navio para os tanques de sedimentação, após receberem de duas bombas tipo diafragma, posicionadas na entrada desses tanques, a dosagem de cloro e alumina que é realizada no misturador.

De acordo com a American WaterWorks Association, existem duas formas de apresentação do gás cloro como agente desinfetante quando dissolvido em água. Na forma de íon hipoclorito (OCl^-) e na forma de ácido hipocloroso (HOCl) que é muito mais eficiente.

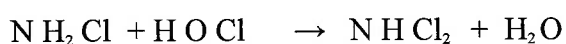
A quantidade relativa dessas duas formas de apresentação depende do pH da solução. A quantidade de cloro livre em uma água isenta de impurezas seria a mesma que a quantidade do cloro adicionado, porém devido a presença de contaminantes que podem ser compostos orgânicos ou inorgânicos, microorganismos ou amônia.

Segundo Di Bernardo (1993), a reação de cloro livre com compostos orgânicos nitrogenados ocasiona a formação de cloraminas orgânicas ou compostos organo-clorados que apresentam uma capacidade de inativação muito baixa. Três cloraminas são formadas: a monocloramina (NH_2Cl), a dicloramina (NHCl_2) e a tricloramina ou nitrogênio tricloro (NCl_3).

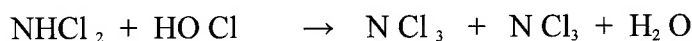
Monocloramina



Dicloramina



Tricloramina



As substâncias húmicas conhecidas também como húmus(Odum,1988) são aquelas que apresentam resistência ao processo de decomposição sendo parte componente de todos os ecossistemas que existem. Apresentam uma coloração escura com certa frequência marrom-amarelada, amorfa ou coloidal de caracterização química complicada. Em uma notação da química essas substâncias são classificadas como compostos aromáticos conhecidos como fenóis combinados com produtos da decomposição de polissacarídeos. As figuras 6 e 7,apresentam respectivamente,o exemplo da estrutura molecular de um ácido húmico e fúlvico. Nesta representação aparecem os anéis e ligações que são os responsáveis pela resistência desses compostos à decomposição.

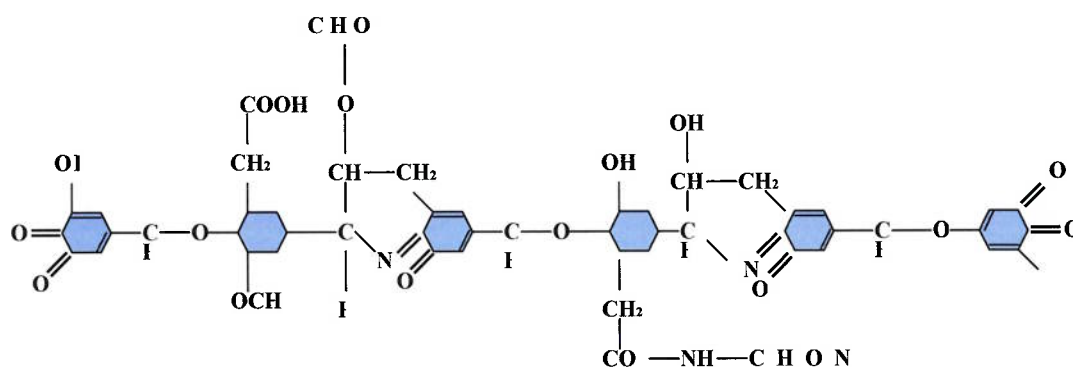


Fig. 6 - Modelo de molécula de ácido húmico (Odum, 1988)

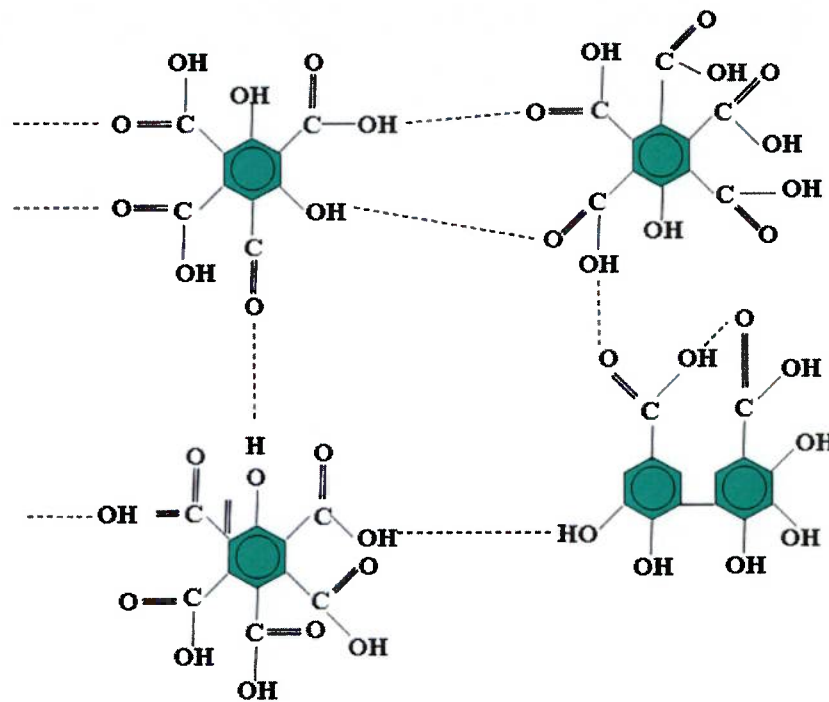


Fig. 7 - estrutura de um ácido fúlvico (Aquatic Chemistry,1981)

Segundo Odum, essas substâncias juntamente com outras matérias orgânicas em decomposição tem grande importância nos processos de fertilização de solos, porém se tornam nocivas em combinação com outros produtos químicos na água principalmente pela possibilidade de ligações químicas em sua estrutura molecular.

A coloração escura, típica das águas da região amazônica é devida, em grande parte a presença dessas substâncias húmicas. Pode-se verificar essas características e obter dados relativos as essas águas pelo levantamento efetuado pelo Departamento de Engenharia Química do Instituto Militar de Engenharia apresentado na tabela 4 a seguir.

Amostra (local)	Turbidez (NTU)	pH	DQO (mg/l)	Observação
Rio Negro	4,4	5,29	106,52	marrom-escuro, Transparente, sem odor
Lago do Puraquêquara ¹ , meio do lago	2,2	5,58	-	marrom-escuro transparente
Poço da comunidade no Mainá ¹	1,1	6,56	-	Incolor , transparente , sem odor
Lago do Puraquêquara ² em frente de Bl-4	2,1	4,93	32,28	
Poço do Bl-4 ¹	1,2	5,69	0	Incolor, transparente, sem odor
Rio Amazonas ¹ (Puraquêquara)	4,2	5,51	66,53	Marrom, turva, sem odor
Rio Amazonas ¹ (Santarém)	17,6	6,43	32,73	Marrom-leve, muito turva, sem odor
Rio Mainá ¹	4,0	5,76	-	Marrom-escuro , transparente , sem odor
Ipiranga ¹	3,1	5,59	-	Marrom-escuro, transparente, sem odor
Alter do Chão ²	0,5	5,51	3,22	Incolor, transparente, sem odor
Poço do 8º BEC ² (Santarém)	0	6,50	-	Incolor , transparente, sem odor
Rio Tapajós ²	2,1	6,07	-	Incolor , transparente, sem odor

¹Região de Manaus; ² Região de Santarém

Tab.4- Dados de acidez e turbidez de amostras de águas de rios da Amazônia (IME/RJ,1998).

Segundo Di Bernardo (1993), essas substâncias húmicas são as principais responsáveis pela formação dos trihalometanos e dependendo da massa molecular dessas substâncias, a utilização de carvão ativado pode adsorver tais moléculas permitindo uma cloração sem risco de formação desses compostos.

De acordo com Spellman(2003), se denomina matéria orgânica natural a uma mistura de materiais orgânicos que estão presentes nas águas brutas, sendo essa matéria orgânica considerada como a principal precursora da formação de DBPs (“desinfection by-products”) orgânicos.

Na composição dessas águas, a matéria orgânica existente pode ser dividida em uma parte hidrófoba constituída basicamente de material húmico e uma parte hidrófila constituída de material fúlvico.

Essa matéria orgânica, reagindo com o cloro ocasiona a formação de uma série de DBPs dentre os quais se destacam os trihalometanos.

De acordo com Spelmann, além da dosagem de cloro aplicada no tratamento, a formação desses trihalometanos aumenta também com o aumento da temperatura e do pH.

Pelo diagrama do sistema de tratamento de água verifica-se que a cloração deveria ser efetuada não como apresentada, isto é, antes do processo de sedimentação, porém em seguida a passagem da água pelo filtro de carvão ativado, para se evitar a reação do cloro formando tais substâncias.

Essa cloração posterior também otimiza a quantidade de cloro utilizada no processo, evitando perdas de cloro retido no material que seria decantado no início do tratamento original.

Situação Atual do Sistema de Tratamento de Bordo

O questionário a seguir encaminhado ao navio em 02 de março de 2004, foi respondido pelo Chefe de Máquinas, que é o Oficial responsável pela manutenção e operação dos equipamentos de bordo:

1) Como apresentado no desenho original, os dosadores de cloro e alumina como o misturador, encontram-se instalados logo após a entrada de água do rio e antes dos tanques de sedimentação?

R: Afirmativo.

2) Como é feito o controle da dosagem e a colocação (carga) de cloro e de alumina que chegam ao misturador e qual a especificação desses produtos considerando a qualidade/tipo da água captada?

R: De acordo com o manual, a dosagem seria de 10 litros de Hipoclorito de Sódio a 10% para cada 30 litros de água e 01 Kg de Sulfato de Alumínio isento de ferro para cada 40 litros de água.

3) Onde e em que tipo de arranjo no diagrama do sistema que segue em anexo, estão instalados os filtros de celulose e qual o critério para se definir a sua substituição?

R: Estão localizados logo após os filtros de carvão e areia, e os mesmos são trocados de 3 em 3 meses.

4) Onde também se encontra instalado o filtro “EUROPA” e quais suas características?

R: Localizado logo após os filtros de celulose, o filtro EUROPA é do tamanho de uma ampola de oxigênio e é composto de várias malhas em seu corpo que vão reter as impurezas porventura existentes na água.

5) Como é efetuado o controle da qualidade da água depois de passar pelos filtros de areia e carvão?

R: O único indicativo a bordo é o exame realizado pelo Oficial Farmacêutico.

6) A água coletada nos bocais de abastecimento nos portos é tratada? É comum se misturar essa água com águas que estejam nos tanques de aguada previamente tratadas pelo sistema de bordo?

R: Negativo, não é tratada. A água recebida nas comunidades ribeirinhas é tratada a bordo com hipoclorito de sódio caso passe na análise, e esta água vai ser misturada somente com as dos tanques de armazenamento, nunca com os de sedimentação (água usada para beber).

7) É utilizado algum kit comercial para análise da água de bordo? Quais os tipos de instrumentos que existem instalados no sistema (diagrama enviado)?

R: Não possuímos nenhum Kit para análise de água. A água coletada é analisada pelo Oficial Farmacêutico, colocada no centrifugador e depois observada no microscópio para verificar a presença de amebas ou vermes.

8) Se é feita, e com qual a periodicidade da retrolavagem dos filtros de areia e de carvão ativado?

R: É executada quinzenalmente.

9) É, ou foi feita a troca da carga de areia e do carvão ativado? Com qual periodicidade? Se afirmativo, como é descartada?

R: De acordo com o manual, a troca deveria ser anual, mas a última realizada foi em outubro/2000, durante o último PMG.

10) Existe algum outro componente ou equipamento posteriormente instalado ou retirado com relação ao diagrama que estou enviando?

R: Negativo.

11) Quando é necessário fazer aguada, qual o tipo de água escolhida (barrenta ou negra)? Saberia explicar o porquê do tipo normalmente escolhido? E os nomes dos rios em que é efetuada? É feita alguma análise dessa água antes de bombear para bordo?

R: Nunca coletamos água barrenta, pois a mesma provocaria entupimentos no sistema de aguada. O ideal é pegar água esverdeada existente em muitos rios, principalmente no Estado do Pará, mas a chamada “água preta” também é adequada para consumo;

-Mesmo em rios de água barrenta existem os chamados “igarapés” onde encontramos água boa para fazer aguada, mas os melhores rios são o Xingu, Trombetas e Tapajós;

-Sempre antes de receber a água, o Oficial Farmacêutico destacado no navio realiza teste com a mostra recolhida no local.

12) Como é feito o descarte do resíduo originado (alumina e matéria do rio) na parte inicial do processo na sedimentação?

R: Não foi encontrada informação sobre a eliminação deste resíduo.

13) Após sair do tanque de aguada, existe algum outro filtro local em algum compartimento do navio?

R: Negativo.

14) A água tratada a bordo é utilizada para quais atividades?

R: A água dos tanques de armazenamento são utilizadas em chuveiros e pias, o que inclui banheiros, cozinha e ala hospitalar; a água do tanque de sedimentação utilizamos exclusivamente para as bombonas de 20 litros colocadas nos bebedouros.

15) Existe algum controle de custo envolvido nas partes do processo?

R: Negativo.

16) Existe alguma proposta de melhoria ou sugestão de alteração do processo de filtração usado?

R: Negativo.

De acordo com as respostas ao questionário enviado, os dois NAsH estão com os depósitos de cloro e alúmen e o misturador desativados. Foram instalados três filtros de celulose(anexo J)e um filtro industrial modelo FE 5000 da marca Europa (anexo K) na saída do filtro de carvão.

Não existe, após o bombeamento da água do tanque de armazenagem, mais nenhum outro filtro no sistema de distribuição da água a bordo.

Como informado pelo navio, nunca é efetuada a coleta de água barrenta e sim as dos rios de cor marron esverdeada, considerados os melhores para essa captação.

A água coletada nas comunidades ribeirinhas não tem tratamento em sua origem. É realizada uma verificação superficial de sua qualidade pelo Oficial Farmacêutico do navio que, aprovando essa água, autoriza seu abastecimento nos tanques de armazenagem, onde recebe um tratamento com hipoclorito de sódio.

Nessa verificação somente é utilizado um microscópio para a avaliação bacteriológica da água, não existindo como rotina de bordo o uso de nenhum kit comercial para análise de água.

De acordo com a informação recebida do navio essa água dos tanques de armazenagem é utilizada nos chuveiros, lavatórios dos banheiros, na cozinha e na ala hospitalar. A água para consumo humano é estocada nos tanques de sedimentação para enchimento de vasilhames de 20 litros, que abastecem os bebedouros existentes nos compartimentos do navio.

A troca do refil dos filtros de celulose é realizada a cada três meses. A troca da carga de areia e de carvão ativado, não tem sido feita anualmente como determinado pelo fabricante, sendo realizada quinzenalmente a retrolavagem dos filtros de areia e carvão.

Não está previsto um reservatório para recolhimento do material sedimentado (lodo).Na parte do sistema onde se encontra o ramal de saída da água de retrolavagem dos filtros de areia e carvão, não foi projetada a instalação de um filtro para recolhimento dos resíduos como pode ser observado no desenho do sistema, para se evitar o lançamento de material contaminado no rio.

7.0 – CONCLUSÃO

Como já apresentado, o sistema de tratamento de água existente a bordo foi concebido para receber a adição de cloro e de sulfato de alumínio logo após a captação de água, seguido de filtração por leito de areia e carvão ativado. Atualmente, esse sistema não está sendo utilizado nos dois navios da classe, como previsto em projeto.

De acordo com informações obtidas do navio, o arranjo físico do sistema de tratamento a bordo continua basicamente como o original, tendo havido a inclusão de um conjunto de três filtros de núcleo de celulose descartável (anexo J) na linha de saída do filtro de carvão, e sido instalado um filtro industrial tipo Europa (anexo K) após os filtros de celulose.

A parte inicial do processo referente a adição de cloro e coagulante está desativada. O processo completo de tratamento disponível no sistema não está sendo utilizado nem na captação de águas de cor negra ou barrenta. O material em suspensão existente nessas águas não é decantado nos tanques de sedimentação existentes à bordo, obstruindo em menos tempo os filtros de areia e carvão, e os filtros de celulose instalados posteriormente no navio.

Por se tratar de um tipo de água que conforme foi exposto, é captada regularmente em rios de cor escura ou negra, que se caracterizam pela presença de matéria orgânica vegetal, essa cloração deveria ocorrer somente após a passagem pelos filtros de areia e carvão ativado o que evitaria a formação de compostos nocivos.

Na Amazônia mais de vinte mil comunidades, dentre elas inúmeras ribeirinhas, não dispõem de energia elétrica e sistemas de tratamento da água para consumo humano e saneamento de esgotos, se servindo de poços e da água dos rios sem a preocupação com os problemas de saúde a que estão sujeitos (Lin et al, 2003).

Como esses navios também se utilizam da facilidade de captação de água nessas comunidades, se torna indispensável além da filtração, o tratamento para desinfecção dessa água, possivelmente disponibilizada sem controle adequado de sua qualidade.

A cloração deve ser efetuada após a filtração, para evitar a formação de compostos organoclorados passíveis de serem formados durante esse processo, ou em combinação com determinadas substâncias encontradas nas águas, formando os compostos conhecidos como trihalometanos que são possíveis agentes cancerígenos.

Como apresentado, estes compostos surgem em consequência da reação química do cloro com as substâncias húmicas (Batalha,1994), típicas de determinadas águas que normalmente são coletadas por esses navios nos rios da Amazônia.

Para se minimizar a da formação desses compostos, a instalação do dosador de cloro deveria ter sido feita após a passagem da água pelo filtro de carvão ativado, considerando que a coleta da água é efetuada em rios de cor escura, típicos da Amazônia que se caracterizam pela presença de ácidos húmicos.

De acordo com a rotina de bordo, para manutenção dos filtros de areia e de carvão é efetuada quinzenalmente uma retrolavagem, não havendo a substituição periódica da carga de carvão. Essa retrolavagem apesar de necessária, promove a esferoidização dos grãos de carvão comprometendo sua eficiência.

Foi possível se concluir em relação ao nosso objetivo que o sistema de tratamento instalado não é adequado, devido a adição de cloro no início do processo junto com a adição de coagulante, sendo essa adição imprópria tecnicamente conforme apresentado, e acrescentando um gasto desnecessário ao processo.

Atualmente,o navio não utiliza o sistema de bordo como projetado, só adicionando o hipoclorito de sódio na água captada nas comunidades que é bombeada para os tanques de armazenagem.

Essa água conforme informações do navio, não é utilizada para consumo humano, sendo disponibilizada nas instalações do navio, inclusive na ala hospitalar, após receber somente um tratamento de desinfecção.O seu controle é insatisfatório, pelo fato de não serem monitorados os parâmetros de qualidade de acordo com a portaria em vigor para controle e vigilância da qualidade da água, do Ministério da Saúde .

A qualidade e quantidade de cursos d'água da Amazônia, ainda permite a captação de água em muitos rios sem a preocupação com a poluição devido a

lançamentos de esgotos ou de agentes químicos, apesar do deficiência de saneamento básico e existência de pontos de garimpos na região.

Apesar disto, devido às características próprias da região onde atuam esses navios, a dificuldade ou inexistência de condições para se avaliar e obter água com requisitos de qualidade de acordo com os padrões existentes, torna-se importante a melhoria no tratamento e monitoramento da água utilizada a bordo desses navios.

8.0- PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

Este trabalho apresentou um estudo da situação atual das condições de armazenagem, tratamento e utilização da água em relação ao sistema instalado originalmente. Foi possível verificar, que podem ser implementadas melhorias nos procedimentos e no processo de tratamento da água de bordo.

Com relação aos procedimentos, poderá ser estudada a viabilidade de definição prévia dos melhores pontos de coleta nos rios e das localidades ribeirinhas, que usualmente possam ser utilizadas pelo navio para abastecimento. e a certificação da qualidade da água antes de se abastecer os navios nesses pontos, com auxílio de kits comerciais de análise, considerando-se precário ou inexistente o tratamento da água de abastecimento público nessas comunidades. Nessa coleta, é importante a identificação dos pontos de menores níveis de material orgânico na água, responsável pela coloração escura e pela formação de substâncias húmicas bem como da presença de contaminação bacteriológica.

A captação de água de cor barrenta também pode ser efetuada, considerando que a presença de matéria em suspensão muitas vezes está relacionado mais ao aspecto estético que a presença de agentes contaminantes, sendo necessário no caso desses navios, promover a reativação do sistema de tratamento existente no navio, com os recursos para sedimentação desse material por meio da adição de coagulantes e utilização dos filtros de areia e carvão ativado.

O emprego de pós-tratamento por membranas de ultrafiltração ou nanofiltração é sugerido em complementação ao sistema de tratamento convencional existente.

O processo de nanofiltração é o mais indicado como pode se observar por intermédio da tabela constante no anexo L(Osmonics Inc,1996),por atingir a faixa de tamanho molecular das substâncias húmicas a serem removidas.

Para a utilização de um processo de filtração por membranas, é necessário um pré-tratamento que depende da qualidade e do tipo de água(negra ou barrenta) a se tratada, que poderá ser simplesmente a adição de um ácido até a utilização de um sistema convencional de tratamento com coagulação, floculação sedimentação e filtração para se obter o maior vida útil e rendimento possível das membranas.

O projeto da unidade de permeação deve prever instrumentação e controle para o perfeito funcionamento da unidade e o acompanhamento operacional do processo se incluindo nessa instrumentação o sistema existente.

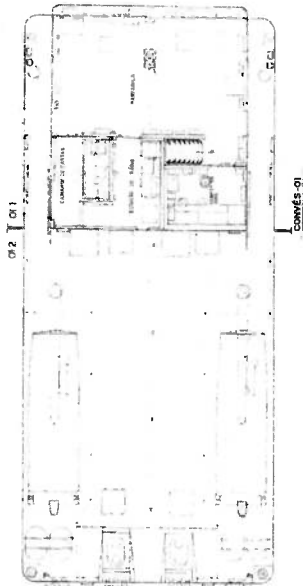
9 - ANEXOS

Anexo A

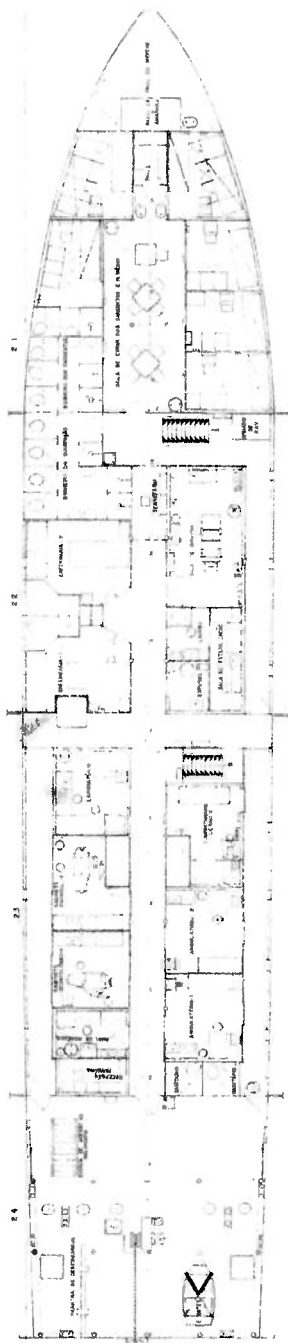
Arranjo Geral do Navio de Assistência Hospitalar
(Desenho nº 801-NASH-01)



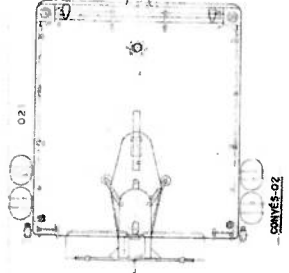
CONVÉS-01



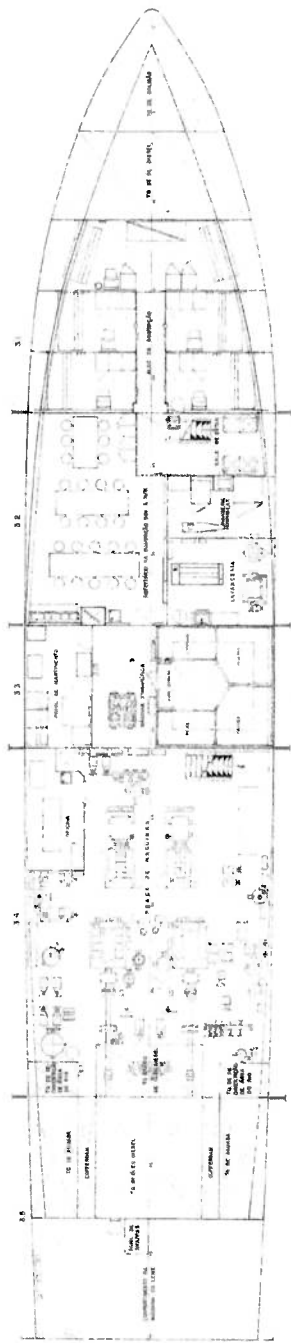
CONVÉS-02



CONVÉS-03



CONVÉS-04

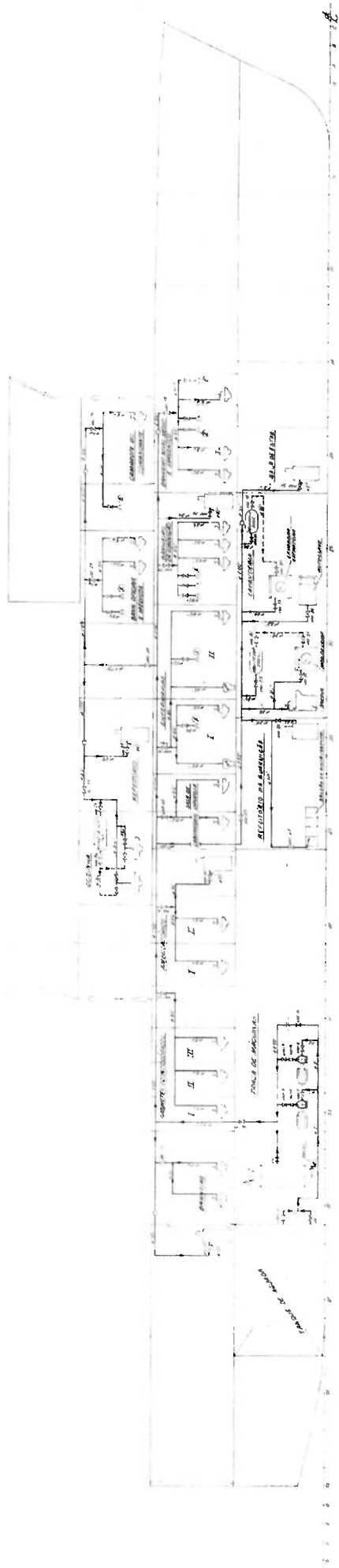


FUUNDO

ARRANJO GERAL
NAVIO DE ASSISTÊNCIA HOSPITALAR
801 - NASH - 01

Anexo B

Diagramático da Rede de água Doce
(Desenho nº 8310-NASH-530-01)



PERFIL LONGITUDINAL

ARRANJO DIAGRAMÁTICO DA REDE DE ÁGUA DOCE
NAVO DE ASSISTÊNCIA HOSPITALAR
 8310 - NASH - 530 - 01

Anexo C

Padrão microbiológico da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
Escheria Coli ou coliformes Termotolerantes	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escheria coli ou coliformes Termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes fecais	Sistemas que analisam até 40 amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam mais de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml.

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de Escheria coli deve ser preferencialmente adotada.

Tabela 1 – Padrão microbiológico de potabilidade (MS, 2004).

Anexo D**Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção**

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT ⁽²⁾
Filtração lenta	2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Unidade de Turbidez.

Tabela 2 – Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção (MS,2004).

Anexo E

Padrão de potabilidade para substâncias que representam risco à saúde

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
	INORGÂNICAS	
Antimônio	mg/l	0,005
Arsênio	mg/l	0,01
Bário	mg/l	0,7
Cádmio	mg/l	0,005
Cianeto	mg/l	0,07
Chumbo	mg/l	0,01
Cobre	mg/l	2
Cromo	mg/l	0,05
Fluoreto	mg/l	1,5
Mercúrio	mg/l	0,001
Nitrato(como N)	mg/l	10
Nitrito(como N)	mg/l	1
Selênio	mg/l	0,01
	ORGÂNICAS	
Acrilamida	μ/l	0,5
Benzeno	μ/l	5
Benzo[a]pireno	μg/l	0,7

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido

Tabela 3 – Padrão de potabilidade para substâncias que representam riscos para saúde (MS,2004).

Anexo F

Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/l	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	Bq/l	0,1 ⁽²⁾

NOTAS:

(1) Valor Permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Tabela 4 – Padrão de radioatividade para a água potável (MS,2004).

Anexo G

Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/l	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/l	1,5
Cloreto	mg/l	250
Cor aparente	Uh ⁽²⁾	15
Dureza	mg/l	500
Etilbenzeno	mg/l	0,2
Ferro	mg/l	0,3
Manganês	mg/l	0,1
Monoclorobenzeno	mg/l	0,12
Odor	mg/l	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	mg/l	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/l	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	1.000
Sulfato	mg/l	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/l	0,05
Surfactantes	mg/l	0,5
Tolueno	mg/l	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/l	5
Xileno	mg/l	0,3

NOTAS:

(1)Valor Máximo Permitido.

(2)Unidade Hazen (mgPtCo/l).

(3)critério de referência.

(4)Unidade de Turbidez.

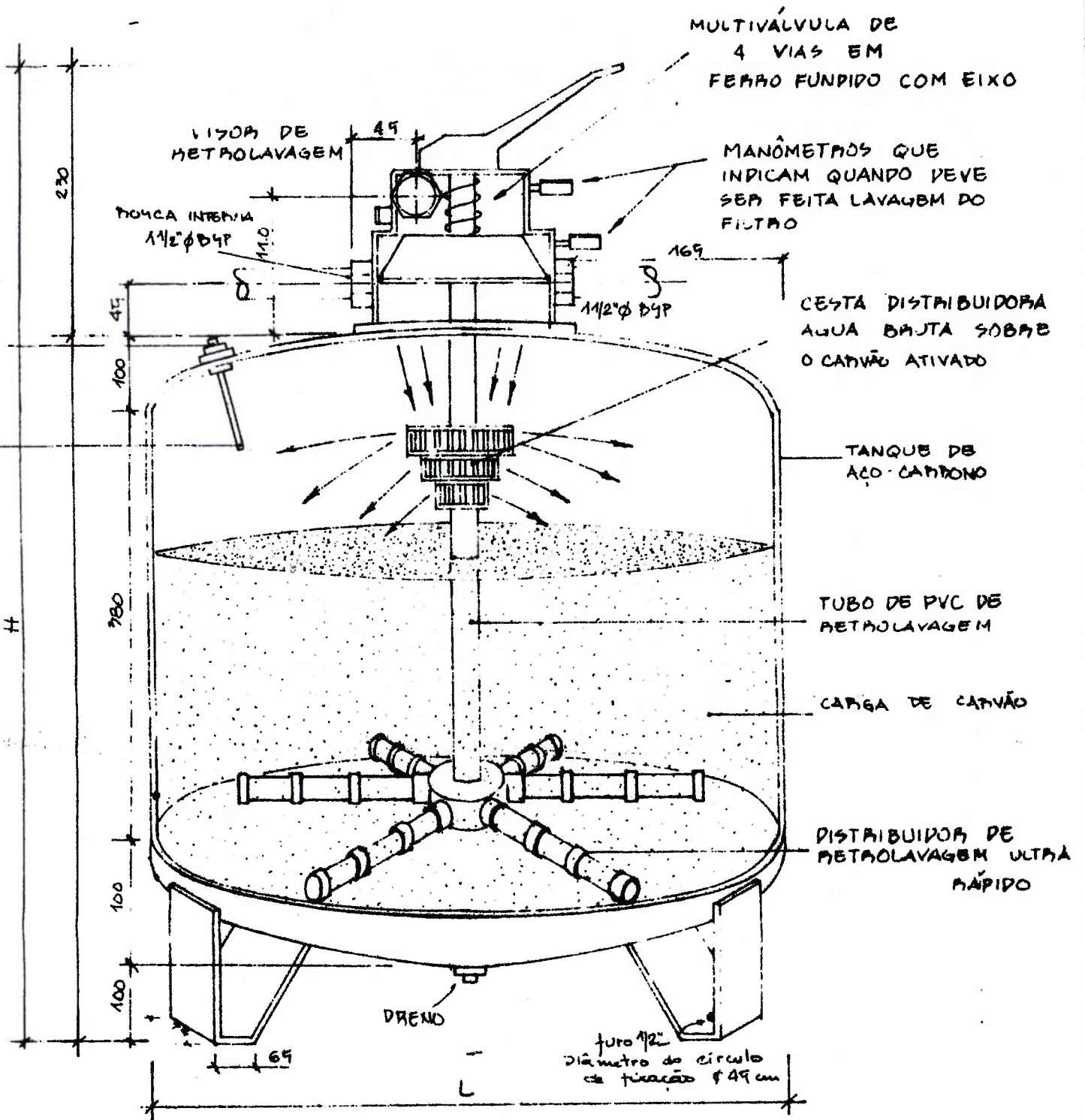
Tabela 5 – Padrão de aceitação para consumo humano (MS,2004).

Anexo H

DESENHO DO FILTRO DE AREIA – ENGEPROL-1

Anexo I

DESENHO DO FILTRO DE CARVÃO – ENGEPROL-2



FILTRO DE CARVÃO ATIVO

MODELO	(mm) DIMENSÕES	
	H	L
F-80	910	700

Anexo J



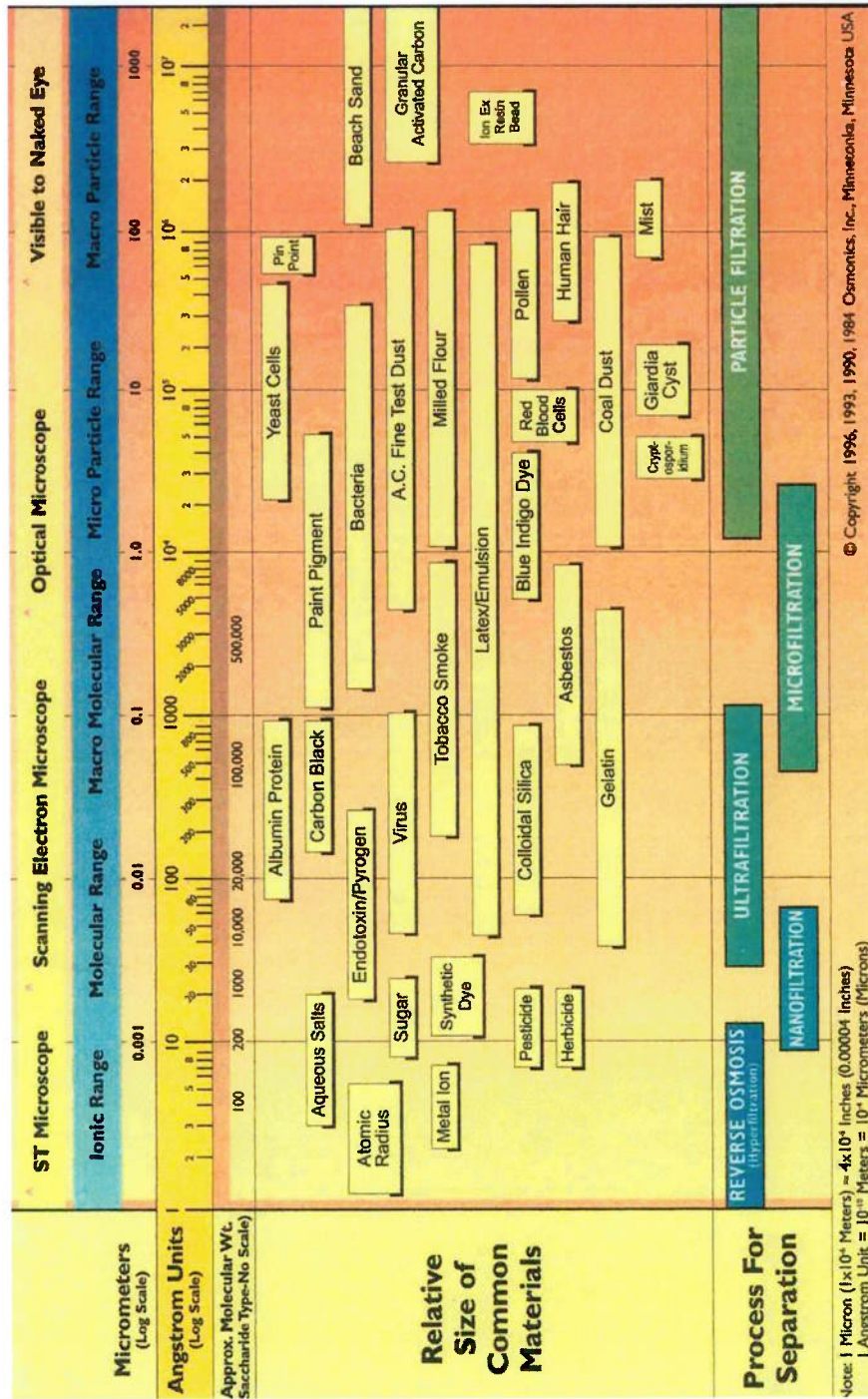
Filtros de celulose

Anexo K



Filtro Industrial EUROPA

Anexo L



(Osmonics Inc. , 1996)

Anexo M**Descrição Geral do Navio de Assistência Hospitalar**

Cada navio dispõe no seu arranjo geral, apresentado no desenho 801-NASH-01(anexo A), das seguintes instalações:

Instalações Hospitalares:

- Dois (2.) Ambulatórios;
- Dois (2) Gabinetes Odontológicos;
- Um (1) Laboratório;
- Uma (1) Sala de Raios X com câmara escura;
- Uma (1) Sala de Esterilização;
- Um (1) Lavabo;
- Uma (1) Sala de Cirurgia;
- Um (1) Paiol de remédios e farmácia; e
- Duas (2) Enfermarias.

Alojamentos:

- Um (1) Camarote do Comandante;
- Cinco (5) Camarotes para oficiais e médicos;
- Seis Alojamentos para os sargentos e pessoal de nível médio; e
- Cinco (5) Alojamentos para os demais membros da tripulação

Ranchos:

- Um Refeitório para os Oficiais e médicos;
- Um Refeitório para os Sargentos, pessoal de nível médio e demais tripulantes;
- Uma (1) Cozinha;
- Um (1) Paiol de mantimentos; e
- Uma (1) Frigorífica.

Serviços:

- Uma (1) Lavanderia;
- Uma (1) Lavanderia Hospitalar;
- Uma (1) Secretaria; e
- Uma (1) Oficina de manutenção.

Propulsão e máquinas auxiliares:

-Sistema de propulsão do navio é composto de dois grupos, cada um constituído de um motor diesel de 357 CV com rotação de trabalho de 1900 rpm com uma caixa redutora reversora com relação de 4:1, um eixo propulsor de 117mm de diâmetro, um eixo intermediário de 97 mm de diâmetro, ambos protegidos por um tubo telescópico com mancais lubrificados a óleo, e um hélice série B TROOST com 1400 mm de diâmetro.

Sistemas auxiliares existentes a bordo:

- Sistema de combate a incêndios composto de duas bombas de incêndio e baterias de CO₂ localizadas na praça de máquinas;
- Sistema de ar comprimido composto de dois compressores de ar e dois reservatórios;
- Sistema de esgoto composto de duas bombas de esgoto principal e uma bomba de esgoto da lavanderia;
- Sistema de água potável, composto de :
 - Uma (1) bomba de água do rio;
 - Uma (1) central de tratamento de água;
 - Duas (2) bombas de água doce;
 - Dois (2) tanques de sedimentação;
 - Duas (2) bombas de água potável;
 - Dois (2) tanques de armazenamento de água doce; e
 - Um (1) tanque hidróforo de água potável.

-Sistema de óleo diesel que é composto de:

- Duas (2) bombas de transferência;
- Um (1) purificador;
- Uma (1) bomba manual;
- Um (1) tanque de serviço na praça de máquinas;
- Um (1) tanque de borra;
- Um (1) tanque de serviço para o MCA de emergência;
- Três (3) tanques de armazenamento de óleo diesel; e
- Dois (2) pianos de válvulas.

-Sistema de óleo lubrificante composto de:

- Um (1) tanque de armazenamento na praça de máquinas;
- Uma (1) bomba manual;
- Um (1) tanque de óleo sujo; e
- Um (1) tanque de óleo lubrificante para o tubo telescópico.

-Sistema de ar condicionado composto de:

- Uma (1) unidade central de expansão direta, contendo uma estação de tratamento de ar e uma unidade condensadora, e
- Duas (2) bombas de circulação.

-Sistema de refrigeração composto de:

- Duas (2) unidades condensadoras, e
- Duas (2) bombas de circulação.

-Sistema elétrico

É constituído de três (3) grupos geradores, sendo dois grupos principais de 180 kva, trifásico em 440 VCA e um (1) grupo gerador de emergência de 60 KVA, trifásico em 440 VCA .

Os sistemas de força principal e de emergência são em 440 VCA/60 Hz trifásicos e os de luz principal e de emergência são em 115 VCA / 60 Hz bifásico. O navio também dispõe de um retificador/carregador/flutuador de 3,0 KVA de 440

VCA/24 VCC para cargas especiais com esta tensão, disponível no barramento do quadro elétrico de emergência.

Existe também a possibilidade de fornecimento de energia em 440 VCA / 60 Hz para apoio externo em terra, por meio de um painel de energia de terra localizado no barramento do quadro elétrico principal.

Comunicações

As comunicações internas do navio são realizadas por meio de um sistema telefônico, um sistema de alto-falantes e música ambiente e por um tradicional tubo acústico. As comunicações rádio para fora do navio são efetuadas por meio de transceptores e receptores e as comunicações visuais por meio de bandeiras, adriças e holofotes.

Navegação

A navegação é realizada por meio das cartas náuticas dos rios da região e por instrumentos de navegação tais como o GPS (sistema de posicionamento global via satélite), agulha magnética, círculo azimutal, peloros, binóculos, ecobatímetro, e anemômetro, dentre outros recursos disponíveis.

Anexo N**Características Principais do Navio de Assistência Hospitalar**

O deslocamento do navio quando leve é de 361 t e de 496 t quando carregado. O comprimento total de 47,18 m e de 45 m entre perpendiculares.

A boca máxima mede 8,73m e o navio tem quando considerado leve, um calado que varia de 1,33 m, com água doce à 1,74 m carregado com água doce, valores estes considerados a meia nau.

A altura máxima até o topo dos mastaréus é de 17,55 m.

O navio dispõe de seis tipos de tanques, um tanque de colisão de 21,40 m³ para lastro e segurança do navio situado na proa, três tanques de óleo diesel com volumes de 19,79 m³ e 35,76 m³ e 6,86 m³ e dois tanques de água de 5,36 m³ cada para coleta de água do rio e dois denominados tanque de aguada de 17 m³, cada para armazenagem da água tratada ou captada em terra.

O navio foi projetado para navegar a uma velocidade de serviço de 9,0 nós obtida através de um motor principal Scania-DSI-14M 03, que trabalha a uma potência máxima contínua de 714 CV (357 CV / eixo) a 1900 rpm, transmitidas a dois eixos. O seu raio de ação é de 4000 milhas na velocidade de 9,0 nós.

A tripulação do navio é formada de 46 tripulantes sendo quatro Oficiais, seis Médicos e Dentistas, quinze técnicos de saúde e vinte e um Praças.

10 – LISTA DE REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington, USA, 19ª edição,1995.

AGUA LATINOAMÉRICA - revista de comercio, tecnologia y aplicación del tratamiento de água. Willow Springs Publishing, LLC, Tucson, Arizona,USA v.4 n.4, jul.2004.

BATALHA, BEN-HUR L. ; PARLATORE, A. C. **Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano. Bases Conceituais e Operacionais**. CETESB, São Paulo, 1993.

BATALHA, BEN-HUR L.: COSTA, TEREZA C. R. – **Desinfecção de água: processo, controle e aplicação**, Cap.2, Série Manuais – ISSN 0103-2623 – São Paulo,CETESB,1994.

BRANCO, S. M. **Água, Meio Ambiente e Saúde**. In: REBOUÇAS, A.C ; BRAGA.B; TUNDISI,J.G. **Águas Doces do Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo, Editora Escrituras, 1999.

DI BERNARDO, LUIZ ; **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água** , Rio de Janeiro, ABES, vol. II,1993.

DRINKING WATER TREATMENT TECHNOLOGIES: **Comparative Health Effects Assessment**, Government Institutes Inc., Maryland, USA, 1990.

ELLIOT, C. THOMAS; K. CHEN; SWANEKAMP, ROBERT C.; - **Standard Handbook of Powerplant Engineering** , McGRAW-HILL, 2ª ed., USA,1997.

FURCH, K; **Water chemistry of the Amazon Basin: The distribution of chemical elements among freshwaters** .In SIOLI, HARALD; The Amazon-Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. DR W. junk Publishers, Netherlands, 1984.

GRAY, N. F; **Drinking Water Quality – Problems and Solutions**, John Wiley & sons Ltd, England, 1994.

LETTERMAN, D. RAYMOND – **Water Quality And Treatment –A Handbook of Community Water Supplies** - American Water Works Association, McGraw-Hill , Inc, New York, USA,1999.

LIN, WHEI ET AL ; **Água potável na Amazônia I – Fontes de água e estudo preliminar de suas propriedades** – Revista Militar de Ciência e Tecnologia – Volume XX – 3º Quadrimestre de 2003.

MB-EM-60-08 – 7530-BR-240-3702 - **Requisitos de Estado-Maior para construção dos Navios Hospitalares Classe Oswaldo Cruz**, Brasil, 1980.

MCCLAIN E. MICHAEL, **The relevance of the Biochemistry to Amazon Development and Conservation**. In Victoria Reynaldo L., Richey Jeffrey E – The Biogeochemistry of the Amazon Basin. New York, Oxford University Press, 2001.

MCCLAIN E. MICHAEL ; ELSENBEER, **Terrestrial Inputs to Amazon Streams and Internal Biochemical Processing**. In: McClain E. Michael, Victoria Reynaldo L., Richey Jeffrey E – The Biogeochemistry of the Amazon Basin. New York, Oxford University Press, 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Ato Portaria MS Nº 518/GM de 25 de março de 2004 - **Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano.**

NETO, LEONARDO T.; **Rios da Amazônia – Coletânea de dados / Pequeno roteiro**, 3ª Edição, DHN, Rio de Janeiro, 2001.

ODUM, EUGENE P.; **Ecologia** – Editora Guanabara,1988.

REBOUÇAS A. C, **Águas Doces no Brasil e no Mundo.** In: REBOUÇAS, A.C ; BRAGA.B; TUNDISI,J.G. **Águas Doces do Brasil-Capital Ecológico, Uso e Conservação.** São Paulo, Editora Escrituras, 1999.

SILVA, G.A; R.A.G. SIMÕES,**Água na Indústria.** In: REBOUÇAS, A.C ; BRAGA.B; TUNDISI,J.G. **Águas Doces do Brasil -Capital Ecológico, Uso e Conservação.** São Paulo, Editora Escrituras, 1999.

STUMM.W; MORGAN J.J; **Aquatic Chemistry - An introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters** – Ed. John Wiley & Sons, Inc.USA,1981.

SILVEIRA, ANDRÉ L. L ; **Hidrologia, Ciência e Aplicação.-** Porto Alegre, Editora da UFRGS / ABRH, 3ª ed.,2002.

STEVENSON, DAVID. G ; **Water Treatment Unit Processes**, Imperial College Press,1997.

SIOLI, HARALD; **The Amazon-Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.** DR W. junk Publishers, Netherlands,1984.

TUCCI, CARLOS E.M.; **Hidrologia, Ciência e Aplicação.** Porto Alegre, Editora da UFRGS / ABRH, 3ª ed.,2002.

WATER TREATMENT PLANT DESIGN, American Society of Civil Engineers, American Water Works Association, 3 ed , 1998.

WATSON, IAN; BURNETT. ALISTER D.; **Hydrology – An Environmental Approach, Theory and Applications of Ground and surface Water for Engineers and Geologists**, CRC Press, Inc. , Flórida,USA,1995.

WEBSTER ; **Webster Dictionary on Line**.- disponível para consulta sobre definições em : <http://www.webster-dictionary.org/definition>. Acesso em: 25 jul 2004.

<http://www.cnao.mar.mil/om/nashoc.html> – **Informações sobre o Navio de Assistência Hospitalar e sua missão na Amazônia.**

APÊNDICE

1- O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos

“No princípio criou Deus os céus e a terra.
E a terra era sem forma e vazia;
e havia trevas sobre a face do abismo;
e o Espírito de Deus se movia sobre a face das águas.....”
Gênesis Cap.1 versos 1 e 2.

Considerando-se o raio do planeta da ordem de 6.400 km, a espessura da camada habitável sob a qual toda a denominada biosfera vive, se limita a pouco mais de 3 km sendo o que existe sob essa tênue camada o que pode-se chamar de nosso meio ambiente, que é de onde retira-se os recursos e obtem-se as condições para o desenvolvimento e sobrevivência das espécies.

Neste cenário se encontra a denominada hidrosfera, que recobre 77% de toda a superfície do planeta com a seguinte distribuição: 361,3 milhões km² de oceanos e mares; 17,5 milhões km² de rios e pântanos; 16,3 milhões de calotas polares e geleiras e 2,1 milhões km² de lagos (REBOUÇAS,1999).

A geografia do mundo atual, é consequência da ação de forças internas e externas que vem atuando sobre o planeta ao longo de sua existência, que promoveram como resultado desse processo a formação de nossos continentes, oceanos, calotas polares, florestas, desertos e a rede hidrográfica na forma que hoje se apresentam, que é o ambiente onde o ser humano habita (REBOUÇAS,1999).

Segundo Silveira (2002), nesse ambiente é que se processa o que é denominado de ciclo hidrológico caracterizado como um fenômeno fechado a nível global, onde a massa de água que temos na hidrosfera sob a ação da energia solar, do movimento de rotação da terra e a gravidade é transformada em vapor. Este vapor, com sua ascensão a atmosfera se resfriando, condensando, formando nuvens, e se precipitando sob a ação da gravidade na forma de chuva, neblina, neve ou outro fenômeno climático .

Segundo Silveira (2002), só temos um fenômeno fechado a nível global devido as diferentes dinâmicas dos movimentos na superfície e atmosfera terrestres, que fazem com que a água evaporada em uma determinada região, devido a essa dinâmica, acabe sendo precipitada em outra.

Devemos considerar nesse cenário, como fatores que contribuem para as diferentes as manifestações do ciclo hidrológico em diferentes regiões no mundo e principalmente na Amazônia, ambiente de nosso estudo, o padrão diferenciado de incidência da energia solar, o tipo de solo e a cobertura vegetal, dentre outros (SILVEIRA, 2002).

A quantidade total de água que existe no planeta é estimada como sendo da ordem de 1.360 milhões de km^3 ($1 \text{ km}^3 = 1 \text{ bilhão m}^3$), com uma distribuição percentual dos volumes nos principais reservatórios no planeta como apresentado na tabela 6 (SHIKLOMANOV 1998 apud REBOUÇAS,1999).

Tabela 1 - Áreas, volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra

Reservatório	Área (10 ⁶ km ²)	Volume (10 ⁶ km ³)	% do Volume Total	% do Volume de água doce
Oceânos	361.300	1.338	96,5	-
Subsolo	134.800	23,4	1,7	-
Água doce		10,53	0,76	29,9
Umidade do solo		0,018	0,001	0,05
Calotas Polares	16.227	24,1	1,74	68,9
Antártica	13.980	21,6	1,56	61,7
Groenlândia	1.802	2,3	0,17	6,68
Ártico	226	0,084	0,006	0,24
Geleiras	224	0,041	0,003	0,12
Solos gelados	21.000	0,300	0,022	0,86
Lagos	2.059	0,176	0,013	0,26
Água doce	1.236	0,091	0,007	
Água salgada	822	0,085	0,006	
Pântanos	2.683	0,011	0,0008	0,03
Calha dos rios	14.880	0,002	0,0002	0,006
Biomassa		0,001	0,0001	0,003
Vapor atmosfera		0,013	0,001	0,04
Totais	510.000	1.386	100	-
Água doce		35,0	2,53	100

FONTE: Shiklomanov in IHP/UNESCO, 1998

Tabela 1 – Distribuição de água nos principais reservatórios na Terra
(Rebouças, 1999).

As precipitações, os cursos subterrâneos de águas e a recarga dos teores de umidade dos solos, são as três variáveis que são responsáveis pela formação local das águas (REBOUÇAS,1999).

A fig. 6, apresenta um panorama da distribuição de chuvas no mundo, onde pode-se observar um índice de precipitação acima de 1500 mm/ano para a região amazônica, região caracterizada pelo seu excedente hídrico, e com uma frequência regular de chuvas, fato típico da região.

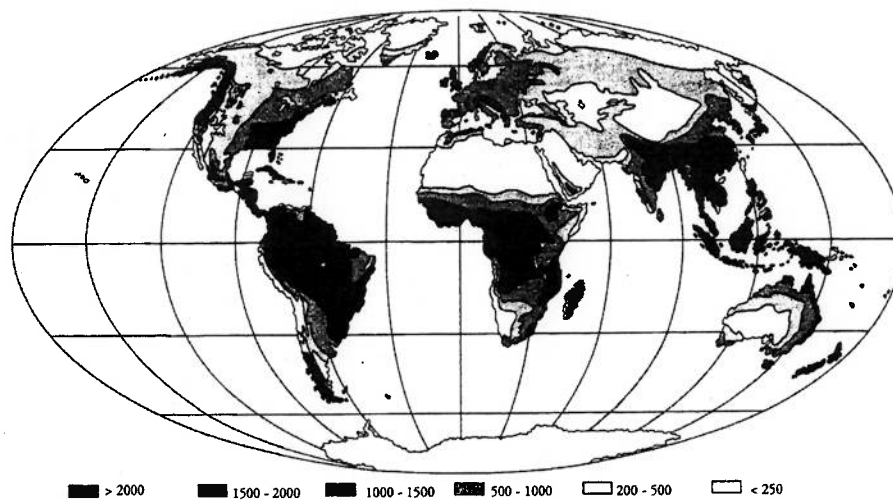


Figura 6 - Distribuição das precipitações na Terra (mm/ano – IHP-UNESCO, 1998)

(Rebouças,1999).

Nessas áreas, parte do escoamento superficial escoo para os rios, muitas vezes ocasionando enchentes, outra parte se infiltra pelo solo aumentando sua umidade como apresentado na fig.8, promovendo um intenso desenvolvimento da vegetação.

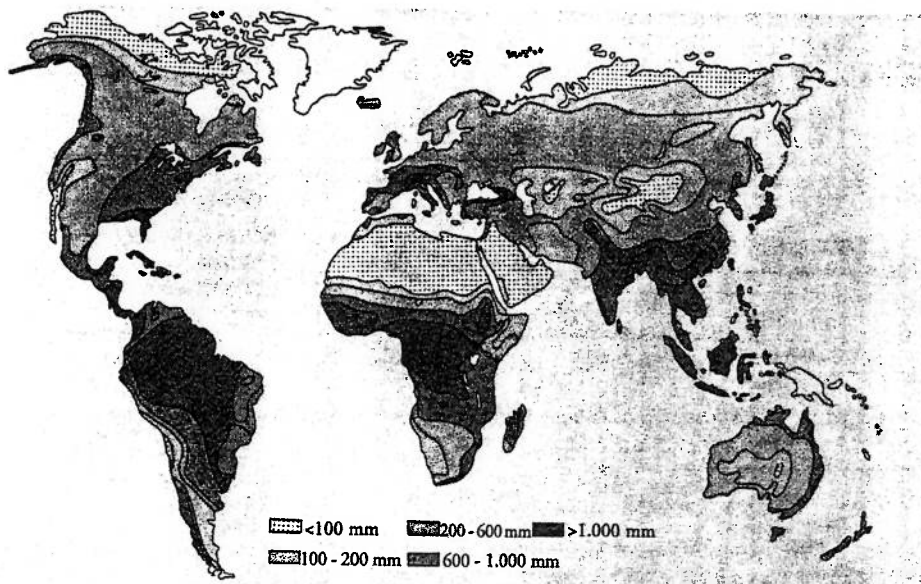


Figura 8 - Distribuição da umidade do solo (World Resources Institute, 1991)

(Rebouças,1999)

As regiões localizadas entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio apresentadas na figura 10, são consideradas as mais úmidas do planeta. Na região de clima tropical úmido localizada próximo ao equador, existe uma freqüência regular e abundante de chuvas como dito anteriormente, localizando-se nessa os maiores rios do mundo como o rio Amazonas (REBOUÇAS,1999)..

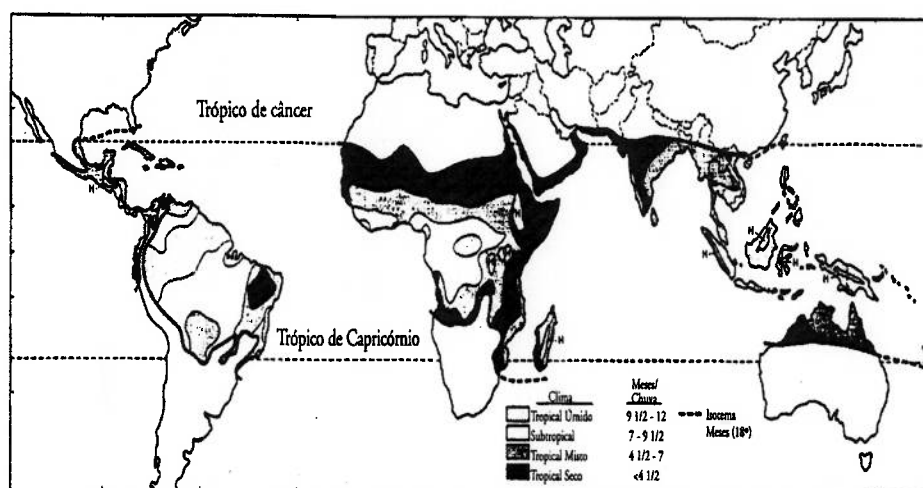


Figura 10 - Distribuição das regiões úmidas da Terra (IHP/UNESCO, 1991)

1.1 - A Água

É uma verdade inquestionável que a água é o elemento mais essencial à vida e a mais abundante em nosso planeta que se convencionou erroneamente ser chamado de Terra.

De acordo com Gil (1999), não encontra-se na natureza água pura na forma representada pela fórmula química H_2O , considerando-se também que a água nesta forma tem como características ser insípida, inodora e incolor e pelo fato de que a maior parte das substâncias sendo solúveis na água em maior ou menor grau, contribuem para que esse atributo de pureza não esteja naturalmente disponível.

Devido à característica de atuar como um solvente universal, a perda da pureza das águas é facilitada pelo contato com substâncias de diversos tipos.

Acordo Gil (1999), a água além de ser o único líquido inorgânico encontrado na natureza, é o único composto químico com ocorrência natural na forma sólida, líquida e de vapor.

Acordo Watson e Burnett (1995), o poder da água de atuar como um solvente, sua atração por partículas de argila, e muitas outras importantes propriedades químicas, são atribuídas ao arranjo dipolar de sua molécula cuja estrutura é composta de elementos, que por sua vez são formados de átomos e partículas subatômicas.

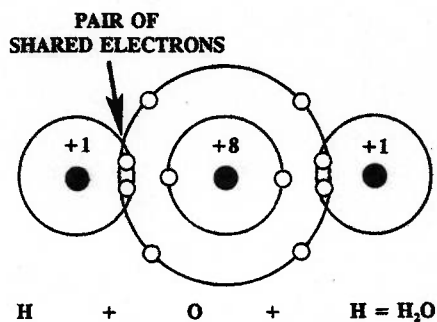
A molécula, de acordo com Watson e Burnett (1995), é a menor parte de uma substância que apresenta todas as propriedades básicas do composto. Quando nos referimos ao comportamento de uma molécula, consideramos que uma massa de água se comporta de um modo semelhante, já um elemento, é uma substância química fundamental que não pode ser decomposta em uma substância mais simples por meio de processos químicos ou físicos comuns.

A molécula de água (H_2O), é uma ligação química formada de dois átomos de hidrogênio (H) cujo nome, hidrogênio tem sua origem das palavras grega “hydror” (água) e “genes”(nascido), e de um átomo de oxigênio (WATSON e BURNETT,1995).

Elementos como o hidrogênio, são altamente reativos porque precisam perder somente um elétron de sua camada exterior para alcançar uma configuração de estabilidade química. Esta estabilidade pode ser obtida por átomos de diferentes elementos se ligando para formar compostos, que pode envolver tanto o compartilhamento quanto a transferência de elétrons na camada externa de um elemento (WATSON e BURNETT,1995).

Uma completa estabilidade de camada é alcançada pelo hidrogênio e o oxigênio compartilhando elétrons em suas camadas exteriores, para formar a molécula de água (WATSON e BURNETT,1995).

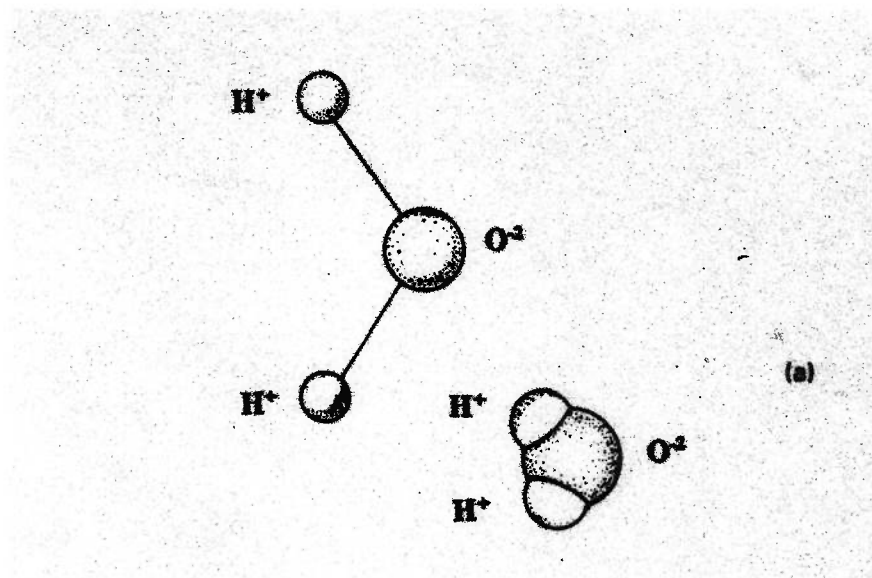
Como mostrado na figura 4 a seguir, o compartilhamento do arranjo na molécula de água, completa cada respectiva camada dos átomos de hidrogênio, o qual requer dois elétrons. Ao mesmo tempo, supre a deficiência na camada externa do átomo de oxigênio, o qual passa do instável número de seis elétrons na sua camada mais externa (segunda camada), para o estável número de oito elétrons. Esta ligação estável então formada pelo compartilhamento de elétrons, é denominada ligação covalente (WATSON e BURNETT,1995).



Compartilhamento de elétrons na molécula de água(Hydrology,1995)

De acordo com Watson e Burnett (1995), a ligação (O-H) é frequentemente descrita como uma ligação ressonante, predominantemente covalente, porém com alguma característica iônica. Como foi descrito acima, a natureza covalente da molécula de água é obtida pelo compartilhamento de um par de elétrons como citado anteriormente.

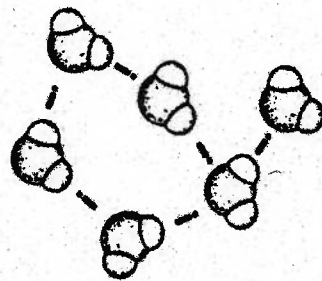
Entretanto, esses elétrons não são compartilhados equitativamente e o resultado dessa rede, é que a molécula de água adquire uma leve carga negativa no seu pólo oxigênio, e uma leve carga negativa em seus pólos de hidrogênio, como mostrado na figura abaixo (WATSON e BURNETT,1995).



Polarização do Oxigênio e Hidrogênio - molécula de água (Hydrology,1995).

O excepcional poder de dissolução da água pode ser atribuído a sua estrutura dipolar, a qual faz a água ter um comportamento de uma forma semelhante a uma barra magnética.

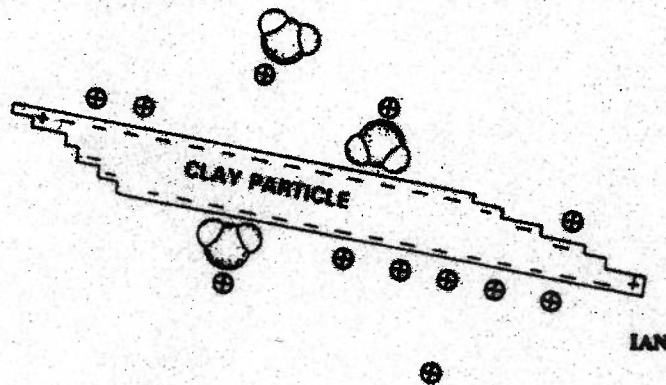
Exemplos deste comportamento incluem a atração das moléculas de água uma pelas outras, e a atração das moléculas de água e cátions iônicos à partículas de argila como apresentado nas figuras a seguir (WATSON e BURNETT, 1995).



(b)

HYDROGEN BONDING IN WATER

Atração entre moléculas de água (Hydrology, 1995)



(d)

Atração de moléculas de água à partículas de argila (Hydrology, 1995)

É esta qualidade dipolar que habilita a água a atrair as cargas opostas de compostos iônicos. O mais clássico e não o único exemplo, é o modo pelo qual a

molécula de água supera a carga que mantém unidos o íon Na^+ e o íon Cl^- para dissolver o sal (WATSON e BURNETT,1995).

Além do sódio e do cloro, alguns dos principais cátions e ânions encontrados em solução nas águas naturais incluem por exemplo, cátions de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e ânions bicarbonatos (HCO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}), dentre outros.

A composição química das águas naturais reflete a estrutura da crosta terrestre (WATSON e BURNETT,1995).

Neste contexto, é interessante observar que a parte principal da crosta terrestre consiste comparativamente de uma pequena quantidade de elementos como mostrado na tabela (Hydrology,1995) sendo os óxidos de muitos desses elementos levemente solúveis em água como por exemplo, a sílica (SiO_2), a alumina (Al_2O_3) e o ferro (Fe_2O_3) (WATSON e BURNETT,1995).

OXIGÊNIO	50%	SÍLICA	26%
ALUMÍNIO	07%	FERRO	04%
CÁLCIO	03%	SÓDIO	2.5%
POTÁSSIO	2.5%	MAGNÉSIO	02%
HIDROGÊNIO	01%	OUTROS ELEMENTOS	02%
TOTAL			100%

Elementos componentes da crosta terrestre em percentagem(Hydrology,1995)

Acordo Watson e Burnett (1995), o calor aumenta o potencial da água em dissolver a maior parte das substâncias, entretanto, os gases não seguem esta tendência como por exemplo, o dióxido de carbono que mostra grande solubilidade a baixas temperaturas.

1.2 – Principais propriedades das águas naturais

Algumas importantes propriedades das águas naturais, que proporcionam uma útil e ampla base de indicadores da qualidade da água de acordo com o Standard Methods (1995), são relacionadas a seguir:

-O **Total de Sólidos Dissolvidos (TSD)**, que representa o valor da concentração total de sólidos dissolvidos e que pode ser obtida pela pesagem do resíduo de sais inorgânicos e orgânicos menores, após um volume conhecido de água ter sido filtrado e evaporado (STANDARD METHODS,1995).

-A **Condutividade**, na literatura freqüentemente referida como condutância elétrica específica, que é a medida da habilidade da água de conduzir uma corrente elétrica. Esta por sua vez, é função do tipo e da concentração de constituintes inorgânicos dissolvidos, os quais dissociados (ionizados) produzem um eletrólito. Conclui-se como conseqüência, que existe uma correlação direta entre condutividade e sólidos totais dissolvidos (STANDARD METHODS,1995).

A condutividade é expressa usualmente no Sistema Internacional (SI), em milisiemens/m e em microsiemens (μS) que é numericamente equivalente a micromhos.

Devido às leituras de condutividade serem dependentes da temperatura, a temperatura da água deve ser observada. É usual se medir a condutividade a temperatura de 25° C ($\mu\text{mhos/cm}$ à 25° C).

De acordo com uma ampla faixa nos valores de TSD, valores típicos de condutividade variam de aproximadamente 50 $\mu\text{mhos/cm}$ para águas puras característica de correntes montanhosas, até 50.000 $\mu\text{mhos/cm}$ para a água do mar.

Na prática, melhor de do que se medir a condutividade diretamente, é obter-se essa por meio do valor de resistividade, expressa em Ohms, que é o inverso da condutividade (STANDARD METHODS,1995).

-A **atividade iônica do Hidrogênio (pH)**, que representa a atividade do íon Hidrogênio em uma escala que varia de zero, equivalente a acidez do ácido clorídrico de laboratório, até 14, que é equivalente a uma solução de hidróxido de sódio laboratorial. A escala de pH é um modo simples de indicar a acidez ou alcalinidade de uma amostra de água ou de soluções em laboratórios.

De uma forma mais completa, o pH expressa a atividade iônica do hidrogênio na água em resposta a inúmeros fatores que incluem, desde a dissociação da molécula de água, ao hidrogênio proveniente de outras fontes. Na prática, o pH é determinado por meio de um pH-metro calibrado para medir potenciometricamente a intensidade de um campo eletrostático, causado pelos íons na solução.

Para as águas naturais, os valores típicos de pH se situam na faixa de 6 a 8.5 se desviando desta faixa em resposta a mudanças geológicas no meio ambiente, e devido às atividades humanas (STANDARD METHODS,1995).

-A **cor**, cuja presença na água pode ter origem na presença de minerais, tais como argilas, ferro e manganês ou devido a materiais orgânicos em decomposição ou inorgânicos de origem industrial. A sua medição é efetuada em unidades de cor, tendo de acordo com padrões internacionais (OMS,1971) um limite desejável de até 5 unidades de cor para a água tratada de acordo com Batalha e Parlatore (1977).

-O **odor e sabor**, de medição subjetiva e que podem ser relacionados acordo Battalha e Parlatore(1977), a fontes naturais tais como algas, vegetação em decomposição, bactérias e compostos inorgânicos e a fontes artificiais oriundas de resíduos de atividades industriais.

De acordo com o Standard Methods (1995), tanto o odor como o sabor dependem do contato de uma substância estimulante com a apropriada célula receptora humana. Os estímulos são naturalmente químicos, sendo comum se aplicar a denominação de “sentidos químicos” para o odor e o sabor (STANDARD METHODS,1995).

A água na sua forma pura não produz sensação de odor ou sabor. Por isso, tanto o ser humano quanto os animais podem evitar o consumo de muitos alimentos e águas potencialmente tóxicas, devido a essa resposta sensorial adversa. O odor é reconhecido como um fator de qualidade, que influencia na aceitabilidade da água de consumo e comidas com ela preparadas, na escolha de peixes, na identificação de odores liberados por microorganismos aquáticos em processo de deterioração, e águas para uso estético ou uso recreacionais. A maior parte dos produtos químicos orgânicos e inorgânicos podem ter origem em descargas de atividades industriais ou serem originados de fontes naturais (tais como decomposição de matéria orgânica

vegetal) associados a atividade de microorganismos, e contribuírem para dar odor e sabor as águas(STANDARD METHODS,1995).

-A **Turbidez**, que é causada pelos materiais em suspensão na água tais como argila, plâncton, algas, e outros microorganismos e, matéria inorgânica como zinco, ferro, manganês, areia, etc. A turbidez é uma expressão de uma propriedade ótica que faz com que a luz seja dispersa e absorvida, ao invés de ser transmitida sem mudança na sua direção ou intensidade através da água (STANDARD METHODS,1995).

A desinfecção com cloração de um determinado volume de água, pode ser comprometida pela proteção física proporcionada por esse material em suspensão, que impede um contato direto dos microorganismos com esse produto químico (Battalha, CETESB pg68).

-A **Alcalinidade**, que é a capacidade da água de neutralizar ácidos. A alcalinidade é importante em diversos usos e tratamentos de águas naturais e servidas.

Pela razão da alcalinidade da maioria das águas superficiais ser principalmente função de carbonatos e teor de hidróxidos, esta é considerada como uma indicação da concentração destes constituintes.Os valores medidos podem também incluir contribuições de boratos, fosfatos, silicatos e outras bases, se presentes (STANDARD METHODS,1995).

-A **Dureza**, que é a capacidade que a água tem de precipitar sabão, sendo definida de uma forma mais usual como sendo a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambos expressos em miligramas por litro de carbonato de cálcio.Este sabão é precipitado principalmente pela presença de íons de cálcio e de magnésio.A dureza pode variar de zero a centenas de miligramas por litro dependendo da fonte e do tratamento ao qual a água foi submetida(STANDARD METHODS,1995).

Segundo (Battalha, CETESB),esta dureza não apresenta risco a saúde, podendo variar de acordo com os padrões de qualidade da OMS até ao máximo permissível de 500 mg/l de CaCO_3 .

Uma característica importante quando em altos valores, é a de ser responsável pelo desenvolvimento de incrustações de carbonato de cálcio nas tubulações, facilitada quando a água está com temperaturas mais elevadas.

1.3 Caracterização da Qualidade da Água

Acordo Benetti e Bidone (2002), face a capacidade da água de dissolver gases e de promover erosão, não encontra-se água pura na natureza e sim uma dissolução aquosa de sais, gases e matéria orgânica, e mesmo em pequenos índices, pode-se encontrar quase que todos os elementos químicos dissolvidos nas águas naturais. Consideram que “existem dois grupos básicos de elementos químicos nas águas, um denominado de conservativo, que apresenta concentração estável ao longo do tempo onde estão incluídos o cloro e o sódio, com grande importância por sua ação sobre a pressão osmótica e equilíbrio iônico, que resulta em função da tolerância a diferentes salinidades, na classificação de organismos que existem na água.

Outro grupo, de elementos não conservativos, com concentração variável no tempo onde se incluem o fósforo e o nitrogênio que além de nutrientes essenciais, limitam o crescimento de organismos aquáticos. Existem muitos outros elementos que, mesmo a baixas concentrações, apresentam influência nos organismos presentes no meio aquático. Entre eles estão o silício, o ferro, o manganês, cobre, zinco, mercúrio, cádmio e chumbo.” (HIDROLOGIA, 2002).

Acordo Benetti e Bidone (2002), pode-se classificar as águas naturais em marinhas e continentais, sendo típico das marinhas, denominadas de águas salinas, a presença de cloreto de sódio com concentração variável em função da região. E, típico das águas continentais, encontrando-se nesta classificação os rios, a característica de presença de bicarbonato de cálcio e índice muito baixo de concentração de sal, sendo devido a isto denominadas de águas doces.

Uma terceira denominação, salobra, é a originada da mistura em estuários, por exemplo, da água doce com a água do mar.