



Qualidade da ÁGUA

Leis . Qualidade . Recomendações

Vera Lúcia Antunes de Lima
Lúcia Helena Garófalo Chaves

Promoção:



Realização:



Unidade Acadêmica de
Engenharia Agrícola
da UFCG

Apoio:



ABETI
Associação Brasileira de Ensino
Técnico Industrial



CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura
e Agronomia da Paraíba



ISBN 978-85-60592-08-1



9 788560 592081



UFCG - BIBLIOTECA

Qualidade da Água

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

QUALIDADE DA ÁGUA

Leis - Qualidade - Recomendações

EDITORES

Vera Lúcia Antunes de Lima

Lúcia Helena Garófalo Chaves

1ª EDIÇÃO

Campina Grande - PB, 2008

Coordenador Geral

Prof. Dr. José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy (UFCG)

Vice-coordenador

Prof. Dr. Dermeval Araújo Furtado (UFCG)

Projeto Gráfico (capa e miolo)

Luiz Felipe de Almeida Lucena - Projetos e Consultoria em Design

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG

Avenida Aprígio Veloso 882, Bodocongó - CEP: 58109-970
Campina Grande - PARAÍBA

LICTA - Laboratório Interdisciplinar de Ciências e Tecnologias Agroambientais

BLOCO CP - Fone: (83) 3310-1491 / 3310-1486

www.deag.ufcg.edu.br/licta

e-mail: licta@deag.ufcg.edu.br

1ª edição / 1ª impressão (2008): 250 exemplares

Direitos Reservados: A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610). É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

Livro confeccionado com recursos oriundos do CNPq, referente ao edital MCT/CNPq/CTHIDRO: 37/2006

C512q

Lima, Vera Lúcia Antunes de

Qualidade da água / Vera Lúcia Antunes de Lima; Lúcia Helena Garófalo Chaves. - Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 120p. il.

ISBN: 978-85-60592-08-1

1. Qualidade da água 2. Água na agricultura 3. Análise de água
I.Chaves, L.H.G II.Título

CDU 628.1

Editores

Vera Lúcia Antunes de Lima



Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1984), mestrado em Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (1991) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1998). Atualmente é professora adjunto IV da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Tecnologia e Problemas Sanitários de Irrigação, atuando principalmente nos seguintes temas: algodão colorido, esgoto tratado, água residuária, irrigação por sulcos e fertirrigação.



Lúcia Helena Garófalo Chaves

Possui graduação em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1977), mestrado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1983) e doutorado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (1985). Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Campina Grande com Pós-Doutorado na Universidade do Arizona, USA (2004). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Química do Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: fertilidade, salinidade, propriedades químicas, variabilidade espacial e uso de rejeitos.

APRESENTAÇÃO

A quantidade de água existente na natureza é finita e sua disponibilidade diminui gradativamente devido ao crescimento populacional, à expansão das fronteiras agrícolas e a degradação do meio ambiente. Sendo a água um recurso indispensável à vida, é de fundamental importância à discussão das relações entre o homem e a água, com a finalidade de garantir a manutenção desse valioso bem, à atual e às futuras gerações, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Mas o que vem a ser a qualidade da água? Ao longo dos anos, vários modelos de classificação de água vêm sendo propostos, muitos pesquisadores convergem para um senso comum que diz ser impossível definir um padrão de ampla aplicação para a qualidade de água, advertindo que a classificação deste valioso líquido deve ser feita para cada condição específica de seu uso. Em consonância com esta apreciação conceitual, os autores, neste livro, reuniram temáticas teóricas e práticas, sobre a qualidade da água observando os seus usos múltiplos, os aspectos ambientais e legais associados a esses usos.

São temas do livro as Políticas Nacionais que tratam do tema Recursos Hídricos e Meio ambiente, com ênfase no gerenciamento dos recursos hídricos e planejamento ambiental, de modo a assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais restritivos a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Neste cenário destaca-se a importância da formação de profissionais com competência para criar soluções adequadas, não predatórias e voltadas para a conservação e proteção dos recursos hídricos. Pela forma compromissada como a Universidade Federal de Campina Grande vem enfrentando esta questão fica evidente que o atendimento a esta demanda foi uma das motivações para o desenvolvimento deste livro que tem como público-alvo os profissionais de nível médio que atuam diretamente nos principais setores usuários da água: abastecimento e irrigação.

Vale ressaltar a importância da exploração desse tema para o desenvolvimento sustentável da região Semi-Árida, no momento em que o Ministério de Ciência e Tecnologia implanta na região, o Instituto Nacional do Semi-Árido (INSA). Portanto, felicitamos os autores pela aderência do tema “Qualidade da Água” com as diretrizes do Plano de Ação 2007-2010, para Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional.

Ao valorizar o potencial natural e humano da região, o livro se inscreve entre aqueles que contribuem à superação do paradigma das adversidades e ao cultivo do paradigma das potencialidades do Semi-Árido brasileiro, que devemos promover para superar a percepção da região como “problema” e estabelecer a concepção da região como “viável”.

Roberto Germano Costa

Diretor do Instituto Nacional do Semi-Árido - INSA

Capítulo 1

A qualidade da água

*Vera Lúcia Antunes de Lima, José Geraldo de V. Baracuhy,
Abdon da Silva Meira Filho*

13

Capítulo 2

Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água

*Vera Lúcia Antunes de Lima, José Geraldo de V. Baracuhy
Naiara Antunes Dela Bianca*

27

Capítulo 3

Água na agricultura

*Vera Lúcia Antunes de Lima, Abdon da Silva Meira Filho
Dermeval Araújo Furtado, Luiz Felipe de Almeida Lucena*

57

Capítulo 4

Coleta, acondicionamento, preservação e transporte de amostras de água

Lúcia Helena Garófalo Chaves

73

Capítulo 5

Métodos de análises de água

Lúcia Helena Garófalo Chaves

93

Capítulo 1

A qualidade da água

Vera Lúcia Antunes de Lima

José Geraldo de Vasconcelos Baraculhy

Abdon da Silva Meira Filho



1. INTRODUÇÃO

A água constitui elemento essencial a vida. No homem mais de 60% do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos esta percentagem sobe para 98%. O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender a suas necessidades e proteger sua saúde e propiciar o desenvolvimento econômico e social (Heller & Casseb, 1995; FNS, 1999 e Malvezzi, 2001).

A administração dos recursos hídricos, segundo Lord (2001), tem suscitado debates amplos sobre a ética social, relacionando-se com princípios éticos universais, tais como: O princípio da dignidade humana; O princípio da participação, pois todos os indivíduos precisam estar envolvidos no planejamento e na administração da água; O princípio da solidariedade, pois a água confronta os seres humanos com a interdependência a montante e a jusante; O princípio da igualdade humana, entendido como a concessão a todas as pessoas do que lhes é devido; O princípio do bem comum, pois, segundo a definição aceita por quase todos, água é um bem comum, e se não for administrada adequadamente a dignidade e o potencial humanos ficam reduzidos para todos, e são negados a alguns; O princípio da economia, que ensina o respeito pela criação e o uso prudente, e não uma reverência extremada pela natureza; com efeito, boa parte da administração hídrica diz respeito ao encontro de um equilíbrio ético entre o uso, a mudança e a preservação dos recursos naturais.

Há, portanto, a necessidade de se observar às normas e padrões de qualidade e disponibilidade consistentes com a legislação de recursos hídricos, de forma a permitir o disciplinamento desses diferentes usos. Dentre os quais, destacam-se: Consumo humano; atividades agrícolas e pecuárias; geração de energia elétrica; transporte hidroviário; uso industrial; pesca e aquicultura e turismo e lazer.

2. CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A água pode ser considerada como um dos elementos básicos de suporte à vida e ao ambiente natural, um importante componente para a indústria, um item de consumo para o homem e os animais, e um vetor de poluição doméstico e industrial. Um dos principais problemas relacionados com a água tem a ver precisamente com a deterioração da sua qualidade provocada pela ação humana nos processos de uso, contaminação e descargas insuficientemente tratadas (Consejo Económico y Social, 1996). A maior parte das nossas águas correntes está sujeita a múltiplos usos antropogênicos e exigências ecológicas, daí ser imprescindível a descrição da situação da qualidade das águas, tanto em rios em condições naturais, como também para águas correntes de uso intensivo para atender ao planejamento do gerenciamento dos recursos hídricos e à proteção da natureza. As águas representam sistemas complexos nos quais aparecem os mais diferentes efeitos isolados e estes devem ser avaliados por meio da análise por si só ou como resultante, pois efeitos de ação recíproca e sinérgica assim como antagonicas, muitas vezes tem maior importância do que a grandeza absoluta de uma substância isolada, bem como a dissimulação de substâncias, em determinadas condições, não devem ser menosprezadas (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina, 1999).

Em termos de quantidade e de qualidade, a água tem se tornado um motivador de discussões políticas, científicas e acadêmicas, e o uso inadequado dos recursos hídricos na região do Semi-Árido nordestino pressupõe uma crescente e séria ameaça à saúde e ao bem estar da população das cidades circunvizinhas às barragens, açudes e rios e à produção segura

de alimentos. O desenvolvimento agro-industrial, a agricultura irrigada e os agrossistemas, que dependem de suprimentos de água de qualidade, também se encontram comprometidos, resultando na aceleração das desigualdades sócio-econômicas, evidenciando-se já alguns processos de degradação dos recursos naturais, pois os resíduos originados dessas atividades apresentam as seguintes categorias de contaminação: metais pesados, óleos, agrotóxicos, detergentes, objetos sólidos e processos afins, atividades microbianas, fertilizantes químicos e insumos. Estas categorias de contaminação causam efeitos negativos aos recursos naturais, à saúde humana, impedimentos para a exploração da agricultura irrigada e para a agroindústria (EMBRAPA-CNPMA, 1999b).

A qualidade da água escreveu Lima (1998) refere-se a sua adaptabilidade para determinado uso, isto é se suas características físicas, químicas e microbiológicas são adequadas às necessidades do usuário, e de um modo geral depende das condições geológicas e geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e das ações do homem, dentre as quais se destaca o lançamento de cargas nos sistemas hídricos; a alteração do uso do solo rural e urbano e modificações no sistema hídrico.

A maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras, estão deteriorados, de acordo com Tucci et al (2001), este é o maior problema ambiental brasileiro. Essa deterioração ocorre porque a maioria das cidades brasileiras não possui coleta e tratamento de esgotos domésticos, jogando *in natura* o esgoto nos rios. Para os autores a depuração dos esgotos industriais tem-se processado de forma mais sistemática no País, já que os programas de controle de efluentes industriais nas entidades de controle ambiental dispõem de instrumentos para pressionarem as empresas no sentido de adotarem sistemas de tratamento de seus efluentes. Além disso, a internalização dos custos pelas empresas é mais direta.

A figura 1 ilustra a situação em que o esgoto não coletado contamina o corpo d'água e o solo, criando um ambiente propício à propagação de microorganismos patogênicos que, por sua vez, contaminam o córrego de onde a água para consumo na residência é captada.

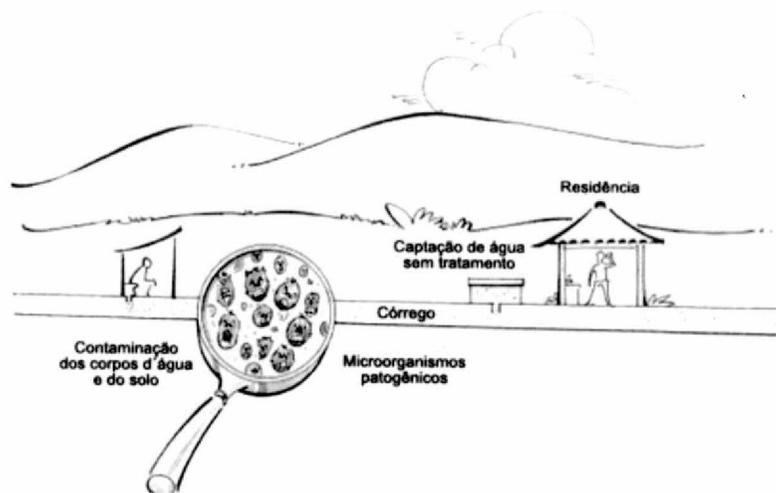


Figura 1: Esgoto contaminando o corpo d'água de onde a água para consumo na residência é captada. Fonte: www.esgotoevida.org.br/saude_saneamento.php

As condições de saneamento adequadas são mostradas na figura 2, na qual um sistema de saneamento com instalações sanitárias, coleta, tratamento e disposição final adequada do esgoto, onde não se registra a presença de microorganismos patogênicos na água do córrego que serve como fonte de abastecimento humano.

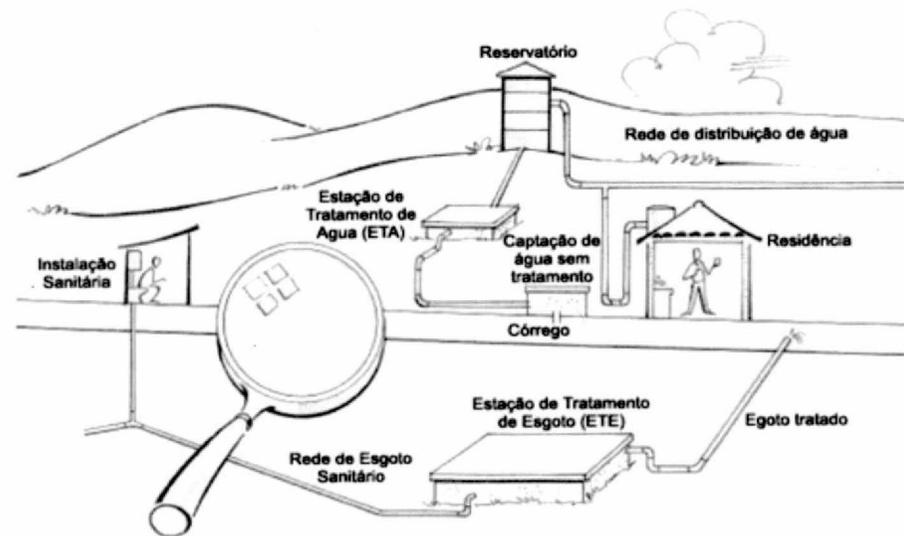


Figura 2. sistema de saneamento com instalações sanitárias, coleta, tratamento e disposição final adequada do esgoto. Fonte: www.esgotoevida.org.br/saude_saneamento.php.

3. ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

O acesso à água potável, isto é, água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, é um bem essencial, sendo determinante no padrão da qualidade de vida das pessoas. Ter qualidade de vida significa que o indivíduo disponha de condições básicas necessárias a seu bem estar, tais como: alimentação; saneamento; saúde; vestiário; moradia; transporte; segurança pública e social; identidade cultural e familiar e educação de qualidade, em uma forte inter-relação com a natureza (Araújo, 1998; Agenda 21, 2000).

O abastecimento de água ocorre basicamente de duas formas ou visando atender uma demanda coletiva ou uma demanda difusa. O abastecimento coletivo aplica-se em áreas urbanas e rurais com população mais concentrada, do ponto de vista sanitário este tipo de sistema é para a Fundação Nacional de Saúde (1999) o mais interessante devido oferecer maior facilidade para supervisionar o sistema do que fazer manutenção de grande número de mananciais e sistemas; mais fácil controlar a qualidade da água consumida e propiciar redução de recursos humanos e financeiros (economia de escala). O sistema difuso destina-se às áreas rurais onde a população é dispersa, nesses casos a solução refere-se ao domicílio, como os respectivos custos.

3.1 Importância Sanitária, social e econômica do abastecimento de água

Para a Fundação Nacional da Saúde (1999) a implantação de sistema de abastecimento de água visa fundamentalmente contribuir com a população para:

- controlar e prevenir doenças;
- implantar hábitos higiênicos na população;
- facilitar a limpeza pública;
- propiciar conforto, bem estar e segurança;
- aumentar a segurança de vida da população.

Alem destes aspectos sanitários e sociais, Heller & Casseb, (1995) acrescentam importantes itens referentes ao aspecto econômico alcançado pela população beneficiada pelo abastecimento público, tais como:

- Aumento da vida média;
- Diminuição de gastos com médicos e hospitais;
- Aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- Facilidade para a implantação de indústrias, inclusive a de turismo;
- Facilidade no combate a incêndios.

3.2 Consumo médio de água por pessoa por dia

No que se refere à demanda o consumo humano não apresenta uma demanda significativa se comparada com a da irrigação, mas esse consumo está hoje limitado pela *degradação da qualidade das águas superficiais* e subterrâneas pelas cargas de esgoto sem tratamento cloacal, industrial e de escoamento pluvial urbano, e pela *concentração de demanda* em grandes áreas urbanas, como as regiões metropolitanas. O consumo médio de água por pessoa por dia, ou consumo *per capita* definido como a relação entre o consumo de água, por dia, de todos os habitantes de uma determinada comunidade, pelo número total da população servida é uma das variáveis mais importantes no dimensionamento de um sistema de abastecimento de água.

A quantidade de água consumida em uma determinada comunidade varia conforme a existência ou não de abastecimento público, a proximidade da água do domicílio, o clima, os hábitos da população entre outros. Nos projetos de abastecimento público de água, o *per capita* varia em função das considerações acima. Os valores recomendados pela Fundação Nacional de Saúde são divididos em duas categorias:

a) População abastecida sem ligações domiciliares:

- 30 a 50 l/hab/dia para populações abastecidas somente com torneiras públicas ou chafarizes;
- 40 a 80 l/hab/dia para populações abastecidas com torneiras públicas ou chafarizes e que possuem lavanderias públicas;
- 60 a 100 l/hab/dia para populações abastecidas com torneiras públicas, chafarizes, lavanderia e banheiro públicos;

b) População abastecida com ligações domiciliares:

- 100 a 150 l/hab/dia para populações de até 6000 habitantes;
- 150 a 200 l/hab/dia para populações entre 6000 e 30.000 habitantes;
- 200 a 250 l/hab/dia para populações entre 30.000 e 100.000 habitantes;
- 250 a 300 l/hab/dia para populações acima de 100.000 habitantes;

Na região semi-árida do Nordeste o valor do consumo o *per capita* é muito variável a instituição ligada as igrejas evangélicas do Brasil- Diaconia revela que no meio rural do semi-árido o consumo humano de água potável é de 6 l/hab/dia, sendo 3,5 litros para beber e 2,5 litros para cozinhar, Gnadlinger (1997-pg81) tem orientado a construção de reservatórios nesta região considerando o *per capita* de 14 l/hab/dia, incluindo a água de beber, cozinhar e dar o banho de um neném.

A qualidade adequada da água, isto é, sua potabilidade é definida por legislação própria, no Brasil, o Ministério da Saúde, através de Portaria nº 518/2004 que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão potabilidade para todo o Território Nacional, determinando que toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

A vigilância da qualidade da água para consumo humano, ou seja, a adoção do conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende a Portaria MS 518/2004 e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana é competência do Ministério da Saúde, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal.

Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano é definida como toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

3.3 Padrão Microbiológico

Em relação ao padrão microbiológico, o artigo 11 da Portaria define a tabela 1, define os valores adequados para a potabilidade da água.

Tabela 1. Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
	Água para consumo humano⁽²⁾
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml

Água na saída do tratamento

Coliformes totais	Ausência em 100ml
-------------------	-------------------

Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)

Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos 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 Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, a Portaria MS nº 518/2004 determina que deve ser observado o padrão de turbidez expresso na tabela 2.

Tabela 2. 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.

Ressalta-se que entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição. Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp, recomendase, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT. O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Após a desinfecção, a Portaria MS 518/2004 estabelece, em seu artigo 13, que a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

3.4 Padrão de Potabilidade para substâncias químicas

No Território Nacional a água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na tabela 3.

Tabela 3. Padrão de potabilidade para substâncias químicas 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 ⁽²⁾	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	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzoflpireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5
AGROTÓXICOS		
Aclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacolor	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2
Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas ⁽³⁾	µg/L	1,0
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS: (1) Valor máximo permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de íon fluoreto devem observar a legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

3.5 Padrão de Radioatividade

Na Tabela 4 consta padrão de radioatividade exigido para a água potável em todo território brasileiro

Tabela 4. Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	Bq/L	1,0 ⁽²⁾

NOTAS: (1) Valor máximo 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.

3.6 Padrão de Aceitação

Outra exigência em relação a potabilidade da água está expressa no artigo 16 da Portaria MS 518/2004 e na tabela 5 e refere-se ao padrão de aceitação para consumo humano.

Tabela 5. 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	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	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

As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*, ou das normas publicadas pela ISO (*International Standardization Organization*).

4. DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

O consumo da água de qualidade inadequada, fora dos padrões de potabilidade recomendados, se constitui em risco potencial à saúde do usuário, sendo responsável pela transmissão de várias doenças, conforme pode se observar na Tabela 6.

Heller e Möller (1995) e a FNS (1999) advertem que a água de qualidade inadequada pode afetar a saúde do homem de várias maneiras: pela ingestão direta, na preparação de alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer. De acordo com a AGENDA 21 (2000), uma oferta de água de qualidade confiável é vital para a melhoria da saúde e mitigação da pobreza, uma vez que 80% de todas as moléstias e mais 1/3 dos óbitos em países em desenvolvimento são causados pelo consumo de água contaminada. Destaca ainda que nessas condições, até 1/10 do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas com a água.

A FNS (1999) classifica em duas categorias os riscos para a saúde, relacionados ao uso de água contaminada: a) riscos relacionados com a ingestão de água contaminada por agentes biológicos (bactérias, vírus e parasitos), pelo contato direto, ou por meio de insetos vetores que necessitam da água em seu ciclo biológico e b) riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente efluentes de esgotos industriais, ou causados por acidentes ambientais.

Para ARIYANANDA (1999), as principais restrições para o aproveitamento de água de chuva *in natura* para o uso doméstico, têm sido os aspectos de qualidade. Corroborando com esse autor, GOULD (1999) explica que numerosos estudos têm demonstrado que, devido à contaminação após o contato com a superfície de captação, a água de chuva armazenada freqüentemente, não atende aos padrões exigidos pela Organização Mundial de Saúde - OMS para água potável, especialmente no que tange aos critérios de qualidade microbiológica.

No entanto, existem diversos métodos de melhoria da qualidade da água produzida como: dispositivos de primeira descarga, desinfecção do reservatório e tratamentos alternativos como o uso da semente de moringa (*Moringa oleifera*) para clarear a água, entre outros, é o que afirmam (ALMEIDA NETO, 1999; ANJOS, 1999). AMORIM e PORTO (2001), avaliaram a qualidade bacteriológica das águas de cisternas no município de Petrolina-PE e detectaram contaminação de origem fecal em todas as cisternas avaliadas e também a ausência de medidas de prevenção de contaminação, principalmente o uso da desinfecção da água pelo hipoclorito de sódio.

Tabela 6- Doenças relacionadas com o abastecimento de água

Transmissão	Doença	Agente Patogênico	Medida de controle
Pelo Consumo da água contaminada	Cólera	Vibrio cholerae	- Implantar sistema de abastecimento e tratamento da água; - Proteção dos mananciais e fontes de água;
	Febre Tifóide	<i>Salmonella typhi</i>	
Pela falta de Limpeza e higienização com a água	Leptospirose	<i>Leptospira interrogans</i>	- Implantar sistema adequado de esgotamento sanitário; - Instalar abastecimento de água com encanamento no domicílio; - Instalar melhorias sanitárias domiciliares coletivas; - Instalar reservatório de água adequado com limpeza sistemática; - Eliminar aparecimento de criadouros com inspeção sistemática e medidas de controle; - Controle de vetores e hospedeiros intermediários
	Giardiase	<i>Giardia lamblia</i>	
	Amebíase	<i>Entamoeba histolytica</i>	
	Hepatite infecciosa	<i>Hepatitis virus A</i>	
	Diarréia aguda	<i>E.coli</i> , <i>Shigela</i> , <i>Balactidium coli</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Bacillus cereus</i>	
	Escabiose	Sarcoptes scabiei	
	Pediculose	<i>Pediculus humanus</i>	
	Tracoma	<i>Chlamydia trachomatis</i>	
	Conjuntivite	<i>Flamophilus aegyptius</i>	
	Salmonelose	<i>Salmonella typhimurium</i>	
Tricuriase	<i>Tricurius trichiura</i>		
Enterobíase	<i>Enterobius vermicularis</i>		
Ancilostomíase	<i>Ancylostoma duodenale</i>		
Ascariíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>		
Através de vetores que se relacionam com a água	Malária	Plasmodium vivax, p.malariae	
	Dengue	Grupo B dos arbovirus	
	Febre amarela	RNA vírus	
Associada à água	Filariose	Wuchereria bancrofti	
	Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>	

Fonte: Fundação Nacional de Saúde, 1999.

Outras doenças são transmitidas por meio de insetos que se desenvolvem na água, como a Dengue; a Febre Amarela; a Filariose; a Malária, entre outras.

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta, segundo a Fundação Nacional de Saúde - FNS (1999), às mais antigas culturas. Dentre os registros apresentados pela fundação, destaca-se um relato de 2000 a.C., de tradições médicas, na Índia, recomendando a purificação da água impura pela fervura, pela exposição ao calor do sol, por filtração em areia e/ou cascalho.

De acordo com dados da Fundação Nacional de Saúde além das doenças relacionadas ao abastecimento de água, apresentam-se aquelas decorrentes da falta de esgoto sanitário, algumas delas são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7. Doenças relacionadas com a falta de esgoto doméstico

Grupos de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças Relacionadas	Formas de Prevenção
Feco-orais (não bacterianas)	Contato de pessoa para pessoa, quando não se tem higiene pessoal e doméstica adequada.	Poliomielite Hepatite tipo A Giardíase Disenteria amebiana Diarréia por vírus	» Melhorar as moradias e as instalações sanitárias » Implantar sistema de abastecimento de água » Promover a educação sanitária
Feco-orais (bacterianas)	Contato de pessoa para pessoa, ingestão e contato com alimentos contaminados e contato com fontes de águas contaminadas pelas fezes.	Febre tifóide Febre paratífóide Diarréias e disenterias bacterianas, como a cólera	» Implantar sistema adequado de disposição de esgotos melhorar as moradias e as instalações sanitárias » Implantar sistema de abastecimento de água » Promover a educação sanitária
Helmintos transmitidos pelo solo	Ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo.	Ascariíase (lombriga) Tricuríase Ancilostomíase (amarelão)	» Construir e manter limpas as instalações sanitárias » Tratar os esgotos antes da disposição no solo » Evitar contato direto da pele com o solo (usar calçado)
Tênias (solitárias) na carne de boi e de porco	Ingestão de carne mal cozida de animais infectados	Teniase Cisticercose	» Construir instalações sanitárias adequadas » Tratar os esgotos antes da disposição no solo » Inspeccionar a carne e ter cuidados na sua preparação
Helmintos associados à água	Contato da pele com água contaminada	Esquistossomose	» Construir instalações sanitárias adequadas » Tratar os esgotos antes do lançamento em curso d'água » Controlar os caramujos » Evitar o contato com água contaminada
Insetos vetores relacionados com as fezes	Procriação de insetos em locais contaminados pelas fezes	Filariose (elefantíase)	» Combater os insetos transmissores » Eliminar condições que possam favorecer criadouros » Evitar o contato com criadouros e utilizar meios de proteção individual

5. MANANCIAS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A Fundação Nacional de Saúde (1999) define mananciais como toda fonte de água utilizada para o abastecimento doméstico, comercial, industrial, agrícola, podendo ser divididos em três grupos: superficial, subterrâneo e águas meteóricas.

O manancial subterrâneo refere-se as reservas de água de dois tipos de aquífero: O lençol freático e o confinado. A captação é feita através de poços ou pelo aproveitamento das nascentes. O manancial superficial é constituído pelos cursos d'água compreendendo, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais formados a partir de obras executadas em um rio ou córrego. Nestes mananciais a captação é feita através de tomadas diretas de rios, lagos e açudes. O manancial águas meteóricas compreende a água existente na natureza na forma de chuva, neve ou granizo. As águas de chuva são captadas através de superfícies de coleta (Barros et all, 1995; FNS, 1999). A escolha de um manancial deve considerar diversos aspectos, como a qualidade e quantidade de água, acesso, disponibilidade de energia elétrica, desnível e distância do ponto de consumo (Barros et al pg 75). Além desses fatores Appan (1999 1º SCAC) destaca que na escolha de Captação de Água de Chuva deve-se considerar as tecnologias e materiais disponíveis, a viabilidade econômica, a aceitação sócio-econômica do empreendimento e o nível de educação da comunidade. Já a sustentabilidade do sistema de captação para Gnaddlinger (2000- Palestra) é baseada na combinação entre as necessidades básicas dos usuários, características naturais locais e as condições políticas e econômicas da região.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APPAN, A. Sistemas de captação de água de chuva: tecnologia, conceito, classificação, metodologia e aplicação. In: Anais do 1º Simpósio sobre Captação de Chuva no Semi-árido Brasileiro. 1999. Petrolina-PE.

ARIYANANDA, T. Comparative review of drinking water quality from different rain water harvesting systems in Sri Lanka. In: Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. 1999. Petrolina, Pe.

BARROS, R. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. 221p. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios, 2)

FNS - Fundação Nacional da Saúde. Manual de saneamento. 3ª ed. Brasília: Ministério da Saúde. 1999. 374p.

GNADLINGER, J. Colheita de águas de chuva em áreas rurais. In: 2º Fórum Mundial da Água, em Haia, Holanda. 2000. 7p.

HELLER, L; COSTA, A.M.L.M.; BARROS, R.T.V. Saneamento e o município. In: Barros, R. T.V.; Chernicharo, C.A.L.; Heller, L. von Sperling, M. (eds.). Manual de saneamento e proteção ambiental dos municípios Vol 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. cap 1. p 13-32.

LIMA, V.L.A. Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem. Viçosa: UFGV, 1998. 100p. Tese Doutorado.

Capítulo 2

Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água

Vera Lúcia Antunes de Lima

José Geraldo de Vasconcelos Baracuhy

Naiara Antunes Dela Bianca



ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA EM CLASSES, SEGUNDO OS USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA

1. INTRODUÇÃO

A água na natureza abrange, quase $\frac{3}{4}$ da superfície terrestre. Desse total, 97,2 % referem-se aos mares e os 2,7 % restantes às águas doces, conforme apresentado na Figura 1. Dentre as águas doces, quase 70% encontra-se congelada em geleiras, 30% são águas subterrâneas em lençóis profundos de difícil acesso. Em consequência, constata-se que somente 0,3% do volume total de água do planeta pode ser aproveitado para o consumo.

Distribuição do Suprimento de Água no Planeta



Água Salgada nos oceanos 97,2%

Capas de gelo e geleiras: 2,14%

Água subterrânea: 0,61%

Águas superficiais: 0,009%

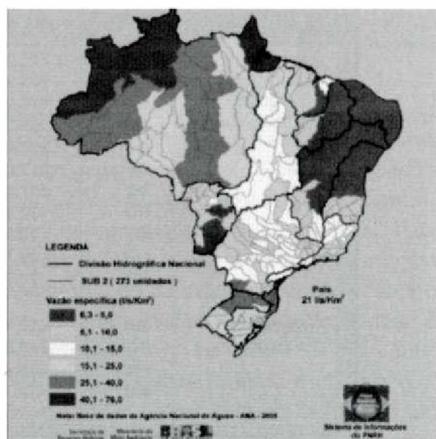
Umidade do solo: 0,005%

Atmosfera: 0,001%

Figura 1. Distribuição da água no planeta
(Fonte: Fetter, C.W. Applied Hydrogeology. New Jersey, 1994)

Meira Filho (2004) comenta que as estatísticas sobre a oferta de água podem ser enganadoras. Elas costumam fazer grandes classificações por país, quando os problemas em geral são mais localizados. Para ilustrar essa afirmação, o autor sugere que se tome como exemplo a situação do Brasil, um país que detém 12% da água doce do planeta, esta se encontra distribuída de forma irregular como se constata observando-se a Figura 2.

Figura 2 - Vazões específicas nas unidades hidrográficas de referência



A distribuição irregular passa a ser mais preocupante quando ocorre o desencontro entre a oferta e demanda de água, ilustrado na Figura 3. Fato comum no Brasil cuja solução muitas vezes exige além de ações técnicas decisões políticas como é o caso verificado em relação à integração das bacias Hidrográficas.

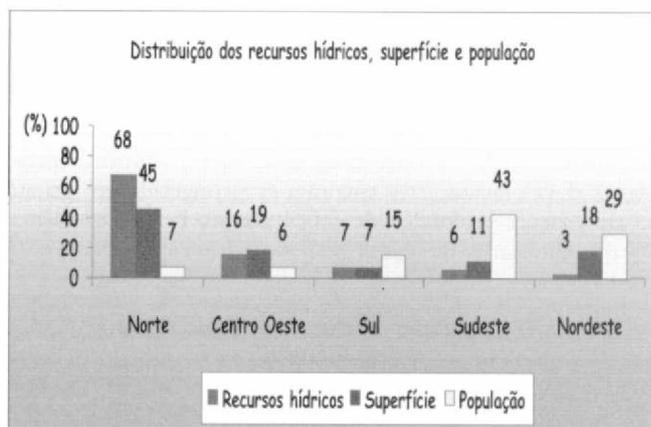


Figura 3 - Distribuição dos recursos hídricos, superfície e população

A Tabela 1 apresenta uma divisão dos Estados brasileiros em função da disponibilidade de água por habitante e por ano, verificamos que aqueles que aparecem na categoria abundante, caracterizado por uma disponibilidade hídrica de 20.000 (m³/hab/ano) localizam-se nas regiões Norte, centro oeste e sul enquanto aqueles na categoria pobre ou crítica, com exceção do Rio de Janeiro e do Distrito Federal, estão todos localizados na região Nordeste.

Tabela 1. Categoria de cada Estado Brasileiro em relação à disponibilidade hídrica em seu território.m³/

Categoria	Estado	(m ³ /hab/ano)	Categoria (m ³ /hab/ano)	Estado	(m ³ /hab/ano)
Abundância 20.000 (m ³ /hab/ano)	RR	1.747.010	Rico > 5.000	PI	9.608
	AM	878.929		ES	7.235
	AP	678.929	Equilíbrio > 2.500	BA	3.028
	AC	369.305		SP	2.913
	MT	258.242		Pobres < 2.500	CE
	PA	217.058	RJ		2.315
	TO	137.666	RN		1.781
	RO	132.818	DF		1.752
	MS	39.185	AL		1.751
	GO	39.185	SE		1.743
RS	20.798	Situação crítica < 1.500	PB	1.437	
Muito rico > 10.000	MA		17.184	PE	1.320
	SC		13.662		
	PR		13.431		
	MG	12.325			

Fonte: Águas Doces no Brasil (Barthl/1999)

A água é um elemento vital para as atividades humanas e para a manutenção da vida. São inúmeros os setores que se utilizam dos recursos hídricos como insumo básico para suas atividades, constituindo-se num elemento essencial a estabilidade social, ambiental e econômica. Daí percebe-se a importância da água assim como a necessidade de estabelecer regras para sua utilização, com a finalidade de garantir a manutenção desse valioso bem, à atual e às futuras gerações, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, instrumento de gestão instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos, tem como objetivo assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais restritivos a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes, constituído-se portanto de um instrumento fundamental tanto para o gerenciamento dos recursos hídricos como para o planejamento ambiental.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, em seu Art. 5º estabelece seis instrumentos de gestão dos Recursos Hídricos, dos quais dois são de planejamento: os Planos de Recursos Hídricos e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; um de caráter regulatório: a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; dois de natureza financeira: a cobrança pelo uso de recursos hídricos e a compensação a municípios e um de informação: o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Os Planos de Recursos Hídricos visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. O enquadramento que tem como fim estabelecer metas de qualidade para os corpos de água harmonizáveis com os usos mais exigentes a que forem destinados; A outorga tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. A cobrança objetiva reconhecer a água como um bem econômico, incentivar a racionalização do uso da água e obter recursos financeiros para atendimento das metas estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos. O Sistema de Informações de Recursos Hídricos visa à coleta, o tratamento e o armazenamento de informações sobre recursos hídricos.

Tais instrumentos quando levados à prática, na bacia hidrográfica, tornam-se complementares oferecendo às entidades gestoras de recursos hídricos mecanismos para garantir a disponibilidade das águas de acordo com as expectativas e necessidades dos usuários.

2. METODOLOGIA PARA O ENQUADRAMENTO

A Lei Federal 9433, em seu artigo 44, estabelece competência às Agências de Água, para no âmbito de sua área de atuação, propor aos respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica, o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes; Contata-se que a participação do usuário, representante no Comitê da Bacia Hidrográfica, nas definições da quantidade de água necessária ao desenvolvimento sustentável e com que qualidade a água deve estar disponível assegura a decisão descentralizada sobre os usos da água na Bacia Hidrográfica, de acordo com as necessidades e com a capacidade de investimento visando assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, com base nas respectivas legislações de recursos hídricos e ambiental.

A proposta de enquadramento deverá considerar os usos atuais e futuros dos recursos hídricos, os benefícios sócio-econômicos e ambientais, assim como os custos, intervenções e prazos necessários para a efetivação dos enquadramentos propostos.

A aprovação final do enquadramento acontecerá no âmbito dos Conselhos Estaduais ou do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, conforme o domínio do corpo de água. As agências de águas adotarão as providências necessárias a efetivação do enquadramento aprovado.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento necessário ao enquadramento dos corpos de água é objeto da Resolução CNRH n. 12/2000, segundo a qual o enquadramento deve ser desenvolvido em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia e com os planos de Recursos Hídricos Nacional e Estadual ou Distrital e, se não existirem ou forem insuficientes, com base em estudos específicos propostos e aprovados pelas respectivas instituições competentes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, observando as seguintes etapas:

- I - diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- II - prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- III - elaboração da proposta de enquadramento; e
- IV - aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

● **Diagnóstico do Uso e da Ocupação do Solo e dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica;**

A Resolução 12/2000, do CNRH, em seu artigo 5º estabelece que nesta etapa sejam abordados os seguintes itens:

- Caracterização geral da bacia;
- Aspectos jurídicos e institucionais;
- Aspectos sócio-econômicos;
- Uso e ocupação atual do solo;
- Identificação das áreas reguladas por legislação específica e das áreas em processo de degradação;
 - usos, disponibilidade e demanda atual de águas superficiais e subterrâneas;
 - identificação das fontes de poluição pontuais e difusas atuais oriundas de efluentes domésticos e industriais, de atividades agropecuárias e de outras fontes causadoras de degradação ambiental sobre os recursos hídricos; e
 - estado atual dos corpos hídricos, apresentando a condição de qualidade por trecho, consubstanciado por estudos de autodepuração.

● **Prognóstico do Uso e da Ocupação do Solo e dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica;**

Em relação à etapa de prognóstico, em seu artigo 6º, a referida Resolução determina que sejam formuladas projeções com horizontes de curto, médio e longo prazos, estabelecidos pelo respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica, objetivando o desenvolvimento sustentável, devendo incluir:

- Evolução da distribuição das populações e das atividades econômicas;
- Evolução de usos e ocupação do solo;
- Políticas e projetos de desenvolvimento existentes e previstos;

- Evolução da disponibilidade e da demanda de água;
- Evolução das cargas poluidoras dos setores urbano, industrial, agropecuário (quantidade de determinado poluente transportado ou lançado no corpo de água), e de outras fontes causadoras de degradação ambiental dos recursos hídricos;
- Evolução das condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos, consubstanciada em estudos de simulação; e
- Usos desejados de recursos hídricos em relação às características específicas de cada bacia.

Para cada projeção devem ser desenvolvidas, com base nas informações obtidas e nas avaliações feitas nas etapas de diagnóstico e prognóstico, alternativas de enquadramento: uma de referência que visa atender, de forma satisfatória, aos usos atuais dos recursos hídricos na bacia hidrográfica; e uma ou mais prospectivas, cujo objetivo é atender, de forma satisfatória, uma determinada alternativa de usos futuros para os corpos hídricos da bacia hidrográfica. Para todas as alternativas analisadas serão considerados os usos atuais e futuros dos recursos hídricos e analisados os benefícios sócio-econômicos e ambientais, bem como os custos e prazos decorrentes, que serão utilizados para a definição do enquadramento a ser proposto.

A aprovação da proposta de enquadramento requer que sejam observados alguns procedimentos, tais como: as alternativas de enquadramento, bem como os seus benefícios sócio-econômicos e ambientais, os custos e os prazos decorrentes, devem ser divulgadas de maneira ampla e apresentadas na forma de audiências públicas, convocadas com esta finalidade pelo Comitê de Bacia Hidrográfica; A seleção de alternativa de enquadramento será efetuada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, que a submeterá ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou ao respectivo Conselho Estadual ou Distrital de Recursos Hídricos, de acordo com a esfera de competência e estes, em consonância com as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente, aprovarão o enquadramento dos corpos de água, de acordo com a alternativa selecionada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, por meio de Resolução.

O monitoramento, controle e a fiscalização dos corpos de água para avaliar se as metas do enquadramento estão sendo cumpridas é de competência dos órgãos gestores de recursos hídricos e dos órgãos de controle ambiental. A cada dois anos, estes órgãos encaminharão relatório ao respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica e ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos ou ao Conselho Estadual ou Distrital de Recursos Hídricos, identificando os corpos de água que não atingiram as metas estabelecidas e as respectivas causas pelas quais não foram alcançadas. Estes conselhos, observando as Resoluções do CONAMA, avaliarão e determinarão as providências e intervenções, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, necessárias para atingir as metas estabelecidas, com base nos relatórios e nas sugestões encaminhadas pelo respectivo Comitê.

No artigo 38 da Resolução CONAMA 375/2005 nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais. As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico. A mesma resolução determina que os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no

licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor. O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

De acordo com o artigo 42 da Resolução CONAMA 375/2005 enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente. A Figura 4 apresenta as bacias que possuem os corpos de água estaduais enquadrados.

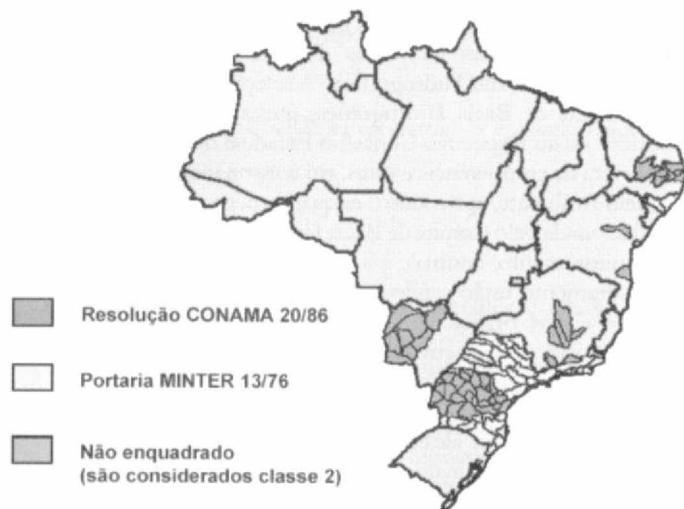


Figura 4 - Bacias que possuem os corpos d'água estaduais enquadrados e a legislação utilizada

SISTEMA DE CLASSES DE QUALIDADE DE ÁGUA, PARA O ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS

A classificação dos corpos de água superficiais, com vistas a seu enquadramento, é regida pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 17 março de 2005, a qual foi estruturada considerando as exigências de qualidade específicas para os usos preponderantes dos recursos hídricos, estabelecendo classes, isto é o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos

preponderantes, atuais ou futuros, com graus decrescentes de qualidade. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes. De acordo com esta Resolução as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, sendo as águas doces agrupadas em cinco classes, as salobras e as salinas cada uma distribuída em quatro classes.

A Resolução CONAMA 357/2005 adotou os seguintes critérios para definição das águas doces, salobras e salinas:

1. **águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;**
2. **Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;**
3. **Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;**

Os padrões de qualidade das águas determinados na referida Resolução CONAMA, estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe. Observando-se que eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos.

A preocupação com o monitoramento da qualidade da água é objeto do Artigo 8º da Resolução CONAMA 375, na qual estabelece que o conjunto de parâmetros de qualidade da água para subsidiar a proposta de enquadramento deve ser monitorado periodicamente pelo Poder Público, bem como deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade, e que os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas. As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos que são ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos, toxicológicos que são ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis. Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência, isto é a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do

corpo receptor, isto é do corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente, demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura, ou seja região onde ocorre a diluição inicial do efluente.

Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água. Para corpos de águas salobras continentais, onde a salinidade não se dá por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos, ou seja ambientes, com água em movimento lento ou estagnado e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, ou seja aqueles ambientes relativos a águas continentais moventes, na vazão de referência. Para as baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

O Poder Público poderá, conforme determina o Artigo 14 da referida Resolução CONAMA, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica, bem como estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Classificação das Águas Doces

As águas doces são agrupadas, de acordo com os usos a que se destina, em cinco classes: especial, 1, 2, 3 e 4

Classe especial, nas águas desta classe deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água, os usos destas águas estão destinados:

- ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

Classe 1 - São águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2 - São águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3 - São águas que podem ser destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH ou avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;
- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- à pesca amadora;
- à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo); e
- à dessedentação de animais.

Classe 4 - Nesta classe estão agrupadas as águas que podem ser destinadas:

- à navegação; e
- à harmonia paisagística

Classificação das Águas Salobras

As águas salobras estão reunidas em quatro classes, de acordo com os usos a que se destina:

Classe especial são águas destinadas:

- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,
- à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1 - São as águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca;
- d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e
- e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Classe 2 - São águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo); e

Classe 3 - Nesta classe estão as águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Classificação das Águas Salinas

As águas salinas estão reunidas em quatro classes, de acordo com os usos a que se destina:

Classe especial os usos a que se destinam essas águas são:

- a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1 - Nesta classe estão agrupadas as águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

Classe 2 - São águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

Classe 3 - São águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DOCES

Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água. Para as demais classes de água doce a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece em seus artigos 14,15,16 e 17 as condições e padrões exigidos:

Condições de qualidade de água doce classe 1:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes, isto é não perceptível pela visão, olfato ou paladar;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

----- **Coliformes termotolerantes** são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44 - 45.C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;

----- **Escherichia coli (E.Coli):** bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae caracterizada pela atividade da enzima β -glicuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas;

- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e
- m) pH: 6,0 a 9,0.

Padrões de qualidade de água doce classe 1:

A Tabela I apresenta os padrões de qualidade de água requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOÇES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Bérblio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acetilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L

2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (DemetonO + DemetonS)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	65 µg/L
Gutition	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano ψ-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs- Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3TCB + 1,2,4TCB)	0,02 mg/L
Tricloroetano	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L

Condições de qualidade de água doce classe 2:

Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 à exceção do seguinte:

- a) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- b) coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- c) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;
- d) turbidez: até 100 UNT;
- e) DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;
- f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;
- g) clorofila a: até 30 µg/L;
- h) densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L;

Cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde; e,

- i) fósforo total:
 - i.1) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,
 - i.2) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Condições de qualidade de água doce classe 3:

As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

- a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comunicam gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras,

- coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cianobactérias na água para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/mL, ou 5mm³/L;
- i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;
- j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;
- l) turbidez até 100 UNT;
- m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,
- n) pH: 6,0 a 9,0.

TABELA III- CLASSE 3-ÁGUAS DOCES

PADRÕES

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila _a	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	
VALOR MÁXIMO	
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Bérblio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N

Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L
Gutíon	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroetano	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Condições de qualidade de água doce classe 4:

As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições:

- materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- odor e aspecto: não objetáveis;
- óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;
- OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,
- pH: 6,0 a 9,0.

CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SALINAS

As condições e Padrões a ser atendidos pelas classes 1, 2 E 3 de água salina são estabelecidos nos artigos 18 a 21 da Resolução CONAMA 357/2005:

Condições de qualidade de água salina classe 1:

- não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- materiais flutuantes virtualmente ausentes;
- óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; e
- pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

Padrões de qualidade de água salina classe 1

A Tabela IV apresenta os padrões de qualidade de água salina classe 1 requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA IV- CLASSE 1- ÁGUAS SALINAS PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Bérblio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroeteno	30,0 µg/L

Condições de qualidade de água salina classe 2:

Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões da classe 1 à exceção do seguinte:

- não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O₂.

Condições de qualidade de água salina classe 3:

As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

- materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O₂; e
- pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

Padrões de qualidade de água salina classe 2

A Tabela VI apresenta os padrões de qualidade de água salina classe 2 requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS

PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercurio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p'DDT + p-p'DDE + p-p'DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SALOBRAS

As condições e Padrões a ser atendidos pela classes 1, 2 e 3 de água salobra constam nos artigos 21 a 23 da Resolução CONAMA 357/2005:

Condições de qualidade de água salobra classe 1:

As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

d) pH: 6,5 a 8,5;

e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

I) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000.

Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL.

Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Padrões de qualidade de água salobra classe 1

A Tabela VII apresenta os padrões de qualidade de água salobra classe 1 requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P

Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT + p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecácloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4 aminoantipirina)	0,003 mg/L C ₆ H ₅ OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

Condições de qualidade de água salobra classe 2:

Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões da classe 1 à exceção do seguinte:

- não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; e
- coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Padrões de qualidade de água salobra classe 2

A Tabela IX apresenta os padrões de qualidade de água salobra classe 2 requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA IX - CLASSE 2 - ÁGUAS SALOBRAS	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,210 mg/L Pb
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19,0 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Fósforo total	0,186 mg/L P
Mercúrio total	1,8 µg/L Hg
Níquel total	74,0 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,093 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p'DDT + p-p'DDE + p-p'DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido+ Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,160 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributestanho	0,37 µg/L TBT

Condições de qualidade de água salobra classe 3

As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

- pH: 5 a 9;
- OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O₂;
- óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e
- carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos na Resolução CONAMA 357/2000 e em outras normas aplicáveis.

Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados. Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

- atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;
- não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e
- atender a outras exigências aplicáveis.

No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as seguintes condições:

- o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- os critérios de toxicidade previstos devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

Condições de Lançamento de Efluentes:

Os efluentes, por ocasião de sua disposição nos corpos de água deverão apresentar as seguintes condições:

- a) pH entre 5 a 9;
- b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;
- c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- e) óleos e graxas:
 - e.1) óleos minerais: até 20mg/L;
 - e.2) óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

Além dos requisitos previstos na Resolução CONAMA 357/2005 e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial. Já em relação ao lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

Padrões de lançamento de efluentes

A Tabela X apresenta os padrões de lançamento de efluentes requeridos pela resolução CONAMA 357/2005

TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES	
PADRÕES	
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr

Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fé
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C ₆ H ₅ OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Resolução CONAMA RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 . Disponível em: <www.mma.gov.br> . Acesso em 19.03.2008.

BRASIL. LEI N° 6.938, DE 1981. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 24.03.2008

BRASIL. LEI N° 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Disponível em BRASIL. RESOLUÇÃO CNRH N° 12, DE 19 DE JULHO DE 2000

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil, In: REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G., (Org), Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, São Paulo – SP, Editora Escrituras. 1999.

Selborne, Lord . A Ética do Uso da Água Doce: um levantamento. Brasília : UNESCO, 2001. 80p.

Tucci, Carlos E. M. Gestão da água no Brasil – Brasília : UNESCO, 2001. 156p.

Capítulo 3

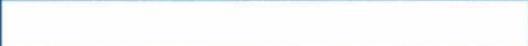
Água na agricultura

Vera Lúcia Antunes de Lima

Abdon da Silva Meira Filho

Dermeval Araújo Furtado

Luiz Felipe de Almeida Lucena



1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água é a primeira prioridade para o homem, seguida do acesso ao suprimento de alimentos, o que faz com que a agricultura seja um componente dominante da economia mundial, tanto pela necessidade da água para viabilizar a produção agrícola como o atendimento da demanda humana por alimentos. A necessidade de produzir alimentos teve uma expansão da área irrigada, aumentando o uso de agroquímicos a fim de se obter altas produções. A agricultura irrigada ocupa uma área que corresponde a aproximadamente 17% das áreas aráveis do planeta, sendo responsável por 40% da produção mundial de alimentos. A irrigação usa aproximadamente 70% das águas retiradas do sistema global de rios, lagos e mananciais subterrâneos, os outros 30% são destinados a outros usos, tais como, industrial, doméstico, geração de energia, recreação, etc. Estimativas indicam que até o ano 2025, a irrigação deverá expandir entre 20 a 30% para atender a crescente demanda de alimentos. Assumindo que o padrão de alimentação irá melhorar em vários países, cogita-se que haverá um aumento de 40% na quantidade de grãos necessário a população mundial. Segundo Rebouças (1999), as projeções de áreas irrigadas no Brasil para 2020 são de aproximadamente de 4,4 a 4,8 milhões de hectares.

A agricultura irrigada é a atividade humana que demanda maior quantidade total de água. A irrigação é uma forma de uso consuntivo da água, isto é, parte da água utilizada para este fim não retorna ao seu curso original, havendo redução efetiva da disponibilidade do manancial. Além disso, nos usos consuntivos, normalmente a água que retorna aos mananciais tem qualidade inferior à que foi captada e sua diluição afeta a qualidade de todo o corpo d'água (Lima, Ferreira, Christofidis, 1999). A água utilizada nas atividades agrícolas tanto é causa, como sofre os efeitos da poluição da água. Portanto, a agricultura exige uma interação dos elementos da terra e da água, em que medidas devem ser adotadas para assegurar que as atividades inerentes às suas demandas não afetem adversamente a qualidade da água, de modo que seus usos subseqüentes, para diferentes propósitos, não sejam prejudiciais ao ambiente e à saúde humana. A irrigação no Brasil se desenvolve, segundo Tucci et al (2001) partir de diferentes modelos de exploração. Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste predomina a irrigação privada com ênfase no arroz irrigado (no Rio Grande do Sul) e em cereais (no Sudeste). Nessas áreas, o investimento depende, principalmente, do retorno assegurado pelo produto irrigado. No Nordeste do Brasil, existe maior investimento em empreendimentos públicos, com objetivo de promover o desenvolvimento regional, em uma área com grandes problemas sociais. Nessa região, o investimento em culturas tradicionais, como feijão e milho, não tem apresentado resultado econômico, o que tem levado ao desenvolvimento de projetos voltados para a fruticultura irrigada, que assegura maior valor agregado ao produto com maior rentabilidade econômica. Esse processo alterou as características da demanda hídrica tanto na demanda sazonal, quanto no seu total anual. Esse tipo de cultura está se desenvolvendo junto a rios perenes, com grande disponibilidade, como o São Francisco.

2. CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A agricultura irrigada depende inteiramente da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, entre as características mais importantes que qualificam um tipo de água quanto ao uso em irrigação, destacam-se a concentração total de sais solúveis, a

concentração relativa de sódio e presença de elementos traços.

Tradicionalmente, a água de irrigação é agrupada em várias classes qualitativas, em função das características acima mencionadas, cujo objetivo é orientar o usuário quanto às vantagens potenciais e os problemas associados a seu uso.

Ao longo dos anos, vários modelos de classificação de água de irrigação vêm sendo propostos, Rhoades, 1972, citado por BORELLA (1986), diz que é impossível definir um padrão de ampla aplicação para a qualidade de água de irrigação, advertindo que a classificação deve ser feita para cada condição específica de clima, solo e cultura, conforme o método e manejo da irrigação. Considerando os efeitos potenciais de uma irrigação, de longo prazo, sobre o rendimento e a qualidade da produção agrícola, bem como as mudanças no meio ambiente e nas características físico-químicas do solo, AYERS e WESTCOT (1991) classificaram a água em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição suave a moderada, e restrição severa (Quadro1). Dentre os parâmetros usados nesta classificação, destacam a salinidade, a sodicidade, a presença de íons tóxicos, os riscos diversos e o pH.

2.1. Salinidade

No contexto de resposta das plantas, a salinidade refere-se à presença de uma concentração excessiva de sais solúveis, capaz de afetar as propriedades coligativas da solução do solo na região de desenvolvimento do sistema radicular, especialmente em razão da elevação de seu potencial osmótico (FAGERIA, 1985; LÄUCHLI e EPSTEIN, 1990). Os efeitos danosos da salinidade são decorrentes da influência dos íons sobre a atividade da água do solo, a qual afeta o estado da água na planta e, ou, efeitos diretos dos íons sobre as funções bioquímicas e fisiológicas das células (Hasegawa et al, 1986). Estes efeitos podem resultar em diversas respostas fisiológicas, inclusive redução na turgescência, inibição das atividades enzimáticas, inibição da fotossíntese e indução de deficiência de determinados íons, em decorrência de mecanismo de transporte e seletividade inadequados (Hasegawa, 1986; Rhoades et al, 1992; Lima, 1998).

Tabela 1 - Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade				
CEa ¹	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT ²	mg/L	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltração				
RAS ³ = 0 – 3 e CEa		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
= 3 – 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
= 6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
= 12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
= 20 – 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de íons específicos				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3,0	> 3	
Cloretos (Cl)				
Irrigação por superfície	meq/L	< 4,0	4,0 – 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	meq/L	< 3,0	> 3,0	
Boro (B)	mg/L	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0

OUTROS

Nitrogênio (NO₃ – N)⁴	mg/L	< 5,0	5,0 30,0	> 30,0
Bicarbonatos (HCO₃)	meq/L	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH		Faixa normal: 6,50 – 8,40		

Fonte: Ayers & Westcot, 1991.

1 Condutividade elétrica da água medida a 25 °C, expressa e deciSiemens por metro;

2 Sólidos dissolvidos totais;

3 RAS – Relação de Adsorção de Sódio;

4 Nitrogênio expresso na forma de nitrato expressos em termos de nitrogênio elementar.

Para os diversos usos das águas correntes, cargas altas de sais somente têm efeitos negativos, o que vale particularmente em períodos de baixa vazão. A sua utilização para fins de irrigação já pode ser comprometida com um teor de sais de 500 mg.l⁻¹. Águas correntes com um teor aceitável sal apresentam uma condutividade abaixo de 1000 S.cm⁻¹. Valores de condutividade muito baixos (10 – 100 S.cm⁻¹) são medidos em águas de fontes provenientes de gnaisses, granito ou arenito colorido. Fontes de rochas calcárias (caliça Jurássica, rocha calcária superior ou margá), ao contrário, freqüentemente apresentam valores ao redor e acima de 1000 S.cm⁻¹. As águas correntes com uma condutividade > 700 S.cm⁻¹ são classificadas como ricas em minerais. Para fins de comparação, a condutividade da água do mar está na faixa de 50 000 S.cm⁻¹ (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina, 1999).

Avaliação da Salinidade

A condutividade elétrica, CEa, medida à temperatura de 25 °C; os sólidos dissolvidos totais, SDT, a concentração total de cátions solúveis, TCS, e a concentração total de ânions solúveis, TAS, são as medidas mais usadas para expressar e avaliar a salinidade ou a quantidade de sais solúveis na água. Por razões de conveniência analíticas e por apresentar uma adequada precisão, a condutividade elétrica da água, vem sendo amplamente usada como um indicador de salinidade, sendo expressa à temperatura padrão de 25 °C, a fim de permitir comparações com as leituras tomadas sob condições climáticas distintas (Bouwer e Idelovitch, 1987; Pescod, 1992; Lima, 1998).

Os principais solutos encontrados na água de irrigação são os cátions de sódio, cálcio, magnésio e potássio e os ânions cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, fluoreto e nitrato (RICHARDS, 1954; CHRISTIANSEN et al., 1977; FAGERIA, 1985; PRATT e SUAREZ, 1990; RHOADES et al., 1992). Outros constituintes, que contribuem para tornar a qualidade da água salina ainda pior, segundo TANJI (1990), incluem B, Sr, Li, SiO₂, Rb, F, Mo, Mn, Ba, e Al.

Leprun, 1983, citado por MEDEIROS (1992), observou, para as condições do Nordeste, que a salinidade da água, em média, varia na ordem de açudes < rios < cacimbões < poços rasos, havendo, ainda, grande variação na composição da água de açudes, entre a estação chuvosa e a seca. O autor observou que a composição iônica das diferentes fontes é a seguinte: Na > Ca > Mg > K e Cl > HCO₃ > SO₄.

Para AUDRY e SUASSUNA (1995), muitos insucessos verificados na agricultura irrigada, no Nordeste, podem estar associados à falta de critério na escolha de culturas adequadas às condições edafoclimáticas vigentes e à não-observação da época do ano em que a água se torna escassa e simultaneamente mais salina.

Sodicidade

A sodicidade da água refere-se à elevada atividade do íon sódio, em relação aos íons cálcio e magnésio. A solução do solo, quando excessivamente sódica, promove a desagregação e dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas, que obstruem os poros do solo. Mediante as sucessivas irrigações, forma-se uma camada superficial selada, reduzindo, assim, a permeabilidade do solo. Sob tais condições, a velocidade de infiltração da água no solo diminui, drasticamente, aumentando os riscos de erodibilidade do solo (IRURTIA e PEINEMANN, 1986; HILLEL, 1970; AYERS e WESTCOT, 1991; LAL e STEWART, 1994). A conseqüência direta da redução da infiltração sobre as culturas torna-se evidente, quando a água de irrigação não consegue atravessar a superfície do solo à velocidade suficiente para permitir a renovação da água consumida pelas culturas, entre duas irrigações, originando um déficit hídrico que resultará em perda de produtividade da cultura. Para assegurar a infiltração suficiente de água, entre eles os problemas secundários originados como conseqüência de irrigações prolongadas, deve-se considerar a formação de crostas, a invasão de ervas daninhas, a podridão de sementes, os transtornos de nutrição e, em alguns casos, a incidência de mosquitos e outros vetores de doenças (AYERS e WESTCOT, 1991).

Avaliação da Sodicidade

A sodicidade da água é freqüentemente estimada através da razão de adsorção de sódio, RAS, conforme a equação

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)}/2} \quad (1)$$

Em que os solutos Na, Ca e Mg são expressos em mmol/l (BOUWER e IDELOVITCH, 1987; CANTARELLA e ANDRADE, 1992; PESCOD, 1992)

Toxicidade

Além dos riscos associados à salinidade e ao sódio, já mencionados, determinados íons, podem causar toxidez em determinadas espécies de plantas, quando presentes na solução do solo em concentrações acima daquelas toleradas, para aquela espécie. Dentre esses íons, destacam-se o cloreto o sódio e o boro (TANJI, 1990; AYERS e WESTCOT, 1991; RHOADES, 1990; PESCOD, 1992).

Os íons apresentam diferentes níveis de toxidez, como o boro, por exemplo, que mesmo sendo um micronutriente essencial às plantas, quando em concentração tão pequena quanto 0,2 mmol/l, pode ser tóxico a certas plantas, ao passo que concentrações de cloretos de até 200 mmol/l podem ser toleradas por algumas culturas MAAS (1990).

Praticamente, todas as águas contêm certos elementos químicos em concentrações relativamente baixas, que são elementos traços. Normalmente estes componentes não são tóxicos às plantas, mas podem acumular-se no vegetal vindo a ser tóxico aos seus consumidores. Tais elementos incluem o Selênio, Arsênio e Molibdênio. Estes elementos, embora não sejam incluídos nas análises de rotina para classificação da água de irrigação, devem ser especialmente considerados quando se usam águas residuais.

O pH é um indicador da acidez ou de alcalinidade de um ambiente. No caso da água de irrigação, o pH normal varia entre 6,5 e 8,4. Águas cujos valores de pH estão fora dessa faixa podem criar desequilíbrios nutricionais ou conter íons tóxicos.

Classe de água para irrigação

Em relação às águas de irrigação, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas, no território nacional segundo o uso preponderante que se pretende dar à água. De acordo com a Resolução 357/2005, as águas para irrigação estão incluídos nas classe 1, 2 e 3, descritas abaixo:

Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

Classe 1: são águas que podem ser utilizadas nas condições mais restritivas, tanto

do ponto de vista do consumidor, quanto da hidráulica do sistema de irrigação e do operador.

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2: São águas de interesse para a prática da irrigação que consideram os

riscos desta prática tanto para o consumidor como o sistema de irrigação.

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aqüicultura e à atividade de pesca.

Classe 3: São águas cuja qualidade não é adequada para o uso na irrigação de culturas consumidas cruas, nem que permita o contato direto com o usuário, como o caso de irrigação de parques e jardins, porem podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH ou avançado:

Embora a Resolução CONAMA 357/2005, não faça referência ao uso de águas salinas na irrigação, este é um fato, e a sustentabilidade de seu uso está diretamente relacionada a aplicação de um manejo adequado.

4. USO E MANEJO DA ÁGUA SALINA

A prática da irrigação é relativamente flexível em relação à qualidade da água, ou seja, algumas culturas podem ser irrigadas com água de qualidade inferior, isto é, que possui elevado teor de sais, com perdas pouco significativas em seus rendimentos, uma vez que alguns problemas relacionados à qualidade da água podem ser solucionados mediante o emprego de práticas adequadas de manejo, como lixiviação dos sais, instalação de sistema de drenagem para remoção dos sais da área ocupada pelo sistema radicular, seleção de culturas tolerantes, irrigações freqüentes e mistura de águas, dentre outras.

RHOADES et al. (1992) apresentam exemplos ilustrativos relativos a vasta experiência no uso de água salina na irrigação, sob diferentes condições, demonstrando que águas com teores salinos muito superiores àqueles recomendados para as águas classificadas como adequadas para irrigação podem, de fato, ser usadas efetivamente para produzir alimentos, selecionando adequadamente as culturas e cultivando-as sob condições adequadas de manejo.

Em Israel, onde o solo é, geralmente, permeável e apresenta boa drenagem, tem-se irrigado com água de CE de até $5,5 \text{ dS m}^{-1}$. Em algumas situações, a água é previamente diluída antes de ser usada. A lixiviação adotada varia entre 25 e 30% da evapotranspiração. Na Tunísia, o governo criou um centro de pesquisa que utiliza a água salina em irrigação. Estações experimentais foram estabelecidas visando representar as várias combinações de solo, clima e composição de água de irrigação existentes no país. A água de irrigação usada possui CE variando entre 2,8 e $9,2 \text{ dS m}^{-1}$. Os valores de RAS são, geralmente, baixos (<10). Alcançaram-se bons rendimentos, mediante certos cuidados com o manejo (RHOADES et al. 1992).

No Egito, RHOADES et al. (1992) reportam que o governo adota a seguinte política: a água de drenagem pode ser usada quando o valor de CE é de até $4,5 \text{ dS m}^{-1}$. As águas com condutividade elétrica acima deste valor só poderão ser usadas quando misturadas às águas do rio Nilo. Na Índia, a água salina tem sido usada continuamente. Em áreas irrigadas, observa-se que não ocorre elevação da salinidade do solo, mesmo a longo prazo, em razão das chuvas de monções comuns naquelas regiões.

RHOADES et al. (1992), analisando algumas áreas irrigadas no sudoeste dos Estados Unidos, onde água de baixa qualidade é utilizada por um período de 70 a 100 anos sem ocorrência de degradação dos solos, ou declínio aparente da produtividade, concluíram que o sucesso alcançado ocorreu em virtude das práticas adequadas de manejo do sistema solo-água-planta e seleção apropriada das culturas. Naquelas áreas, os irrigantes demonstraram que é possível ajustar o sistema produtivo a qualquer água disponível, mesmo na presença de altos níveis de sódio.

A longo prazo, a sustentabilidade da agricultura irrigada exige que os sais transportados para a zona radicular das culturas, pela água de irrigação, não acumulem acima de determinados níveis. Desse modo, é sempre necessário um certo excesso de água de irrigação para remover, por percolação, os sais acumulados (BRESLER et al., 1982; SMITH e HANCOCK, 1986). Este processo de deslocamento de sais da zona radicular é denominado lixiviação.

O controle da salinidade pela lixiviação dos sais da zona radicular é tanto mais importante, quanto mais salina for a água de irrigação. De acordo com RHOADES et al. (1992), sob condições de uso de água salina na irrigação durante um longo período de tempo, quando se alcança uma condição de equilíbrio no sistema solo-água-salinidade, é a interação entre a concentração de sais da água de irrigação e a fração de lixiviação, principalmente, que determina a concentração e distribuição da salinidade do solo na rizosfera.

A fração de lixiviação, necessária para manter uma agricultura irrigada rentável, depende de diversos parâmetros, tais como as condições de salinidade esperada na zona radicular, expressa pela CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo), da cultura que está sendo explorada, de salinidade da água de irrigação, do clima e do manejo da água (BRESLER et al., 1982; HOFFMAN, 1990).

A energia necessária para a planta absorver água de uma solução do solo salino é adicional àquela requerida para a cultura absorver água de uma solução não salina, de modo que a disponibilidade de água para a cultura vai diminuindo à medida que a salinidade aumenta, por isso o manejo da irrigação tendo como base a aplicação de lâminas freqüentes, de modo a manter a umidade do solo elevada, como ocorre nos sistemas de irrigação Localizada, figura 1.



Figura 1 - Área irrigada por gotejamento - Nova Olinda-PB

4.1. TOLERÂNCIA DAS CULTURAS A SALINIDADE

A tolerância das culturas ao estresse salino pode ser definida, em nível de produção comercial, como a capacidade da planta em suportar os efeitos do excesso de sal presentes na solução do solo, sem a ocorrência de perdas significativas de seus rendimentos, quando comparados àqueles obtidos sob condições não salinas (MAAS, 1990).

Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais, sumarizados por Jeffrey e Izquierdo, em 1989, citados por ARAÚJO (1994), são:

- a) seca fisiológica, proveniente da diminuição do potencial osmótico;
- b) desbalanceamento nutricional, devido à elevada concentração iônica, especialmente o sódio, inibindo a absorção de outros nutrientes; e c) efeito tóxico de íons, particularmente, cloro e sódio.

A tolerância ao estresse salino depende do controle na absorção e alocação do sódio na planta, do reajustamento osmótico e outros processos metabólicos que ocorrem no vegetal (HASEGAWA et al., 1986; CHEESEMAN, 1988). As plantas respondem à salinidade pela inclusão ou exclusão de sódio, podendo apresentar efeito adaptativo ou não. Na inclusão, o efeito da salinidade é não-adaptativo quando ocorre toxicidade de sódio e cloreto e, ou, deficiência induzida de potássio e cálcio. A adaptação acontece em razão das seguintes ações: compartimentação dos sais; síntese de solutos osmoreguladores; equilíbrio da relação sódio/potássio; eliminação de sais por meio da excreção foliar e queda de folhas (Greenway e Munn, 1980, citados por ARAÚJO, 1994).

5. ÁGUA PARA CONSUMO ANIMAL

Água de má qualidade representa riscos à saúde dos animais e a produção, causando desde reduções no ganho de peso, até a perda de animais. Abaixo estão alguns sintomas que o excesso de alguns elementos podem causar:

Salinidade elevada - pode causar diarreia, redução do consumo de água e da produtividade e morte;

Níveis altos de cloro - é responsável pela redução da ingestão de alimento e aumento do consumo de água;

Elevado teor de ferro - ocasiona gosto ruim a água, promovendo redução no consumo da água e a produtividade.

5.1 – Classe de água para atividades pecuárias

Águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 %;

A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 17 março de 2005, a qual foi estruturada considerando as exigências de qualidade específicas para os usos preponderantes dos recursos hídricos. Nesta resolução ficou estabelecido o uso de águas doces das classes 2, 3 e 4 como definido a seguir:

Classe 2 são águas de interesse para a prática da aquicultura e pesca e que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e

e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 2, que contempla o item dessedentação de animais, são águas que podem ser destinadas:

a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH ou avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à pesca amadora;

d) à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo); e

e) à dessedentação de animais.

Águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %;

Para este tipo de águas as atividades de interesse da pecuária estão contidas nas classes 1 e 2:

Classe 1 são as águas que podem ser destinadas:

a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aquicultura e à atividade de pesca;

d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e

e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Classe 2 são as águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

Águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 %;

As atividades pecuárias fazem uso de várias classes de água, inclusive as águas salinas, especialmente as de classe 1 e 2

Classe 1 - Nesta classe estão agrupadas as águas que podem ser destinadas:

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

Classe 2 - São águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário: refere-se àquela associada a atividades em que o contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena, como na pesca e na navegação (tais como iatismo);

5.2 – Consumo de água pela bovinocultura

Numa fazenda produtora de leite, os problemas que envolvem a produção são muitos, o que faz com que o produtor muitas vezes se perca nas tomadas de decisões. A capacidade de selecionar os problemas e a organização dos mesmos de acordo com prioridades é de extrema importância para o sucesso da propriedade como um todo. É comum e natural que a nutrição, reprodução, sanidade e qualidade da mão de obra sejam temas constantemente debatidos.

Porém, a questão do fornecimento de água é de crucial importância, uma vez que:

- a) a perda de apenas 1/5 da água no corpo resulta em morte do animal;**
- b) é o nutriente mais importante à vida, após o oxigênio;**
- c) o leite é constituído de 87% de água, sendo que para cada litro produzido, o consumo chega a 4 litros de água;**
- d) do peso vivo do animal, cerca de 55 a 65% é composto de água.**

As exigências de água do animal são abastecidas por 3 vias: consumo de água, água presente nos alimentos e água metabólica, resultante da oxidação dos tecidos. A equação para predição do consumo de água, calculada a partir de trabalho com vacas holandesas com média de produção de 33 kg, na Flórida (EUA) é mostrada a seguir. Os fatores incluídos na predição são: produção de leite, consumo de MS, consumo de sódio e temperatura mínima diária. A equação segue abaixo.

É importante ressaltar que outros parâmetros podem afetar o consumo de água também.

$$\text{Consumo de água (kg/dia)} = 0,90 * (\text{produção de leite, kg/dia}) + 1,58 * (\text{consumo de MS, kg/dia}) + 0,05 * (\text{consumo de sódio, g/dia}) + 1,197 * (\text{Temp. mínima média, } ^\circ\text{C}) + 16,0$$

Isto quer dizer que, para cada kg de leite a mais na produção, o consumo de água aumenta em 0,90 kg; para cada kg de MS consumido, o consumo de água aumenta em 1,58 kg; para cada grama de sódio ingerida, o consumo de água aumenta 0,05 kg e para cada grau a mais na temperatura mínima média, o consumo de água aumenta 1,197 kg.

5.3 – Consumo de água pela avicultura

Considerando-se a avicultura de corte, a questão hídrica está estritamente relacionada ao consumo pelas aves e equipamentos e, a água utilizada na higienização dos galpões ao fim de cada ciclo de produção. A respeito dos dados de consumo pelos animais, há inúmeras referências, como observado na Tabela 3. Estas devem ser tomadas como base para se estimar o consumo do plantel, elaborando-se um planejamento, conforme o exigido pelos animais, evitando-se perdas.

Tabela 3- Consumo médio diário de água para 1.000 frangos de corte por semana de produção.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Litros/dia	38	57	76	99	129	160	186	208	227	246

Fonte: Ávila (1992)

A Tabela 4, exemplifica como padrões de qualidade de água exigidos para a dessedentação de aves, na qual verifica-se que alguns parâmetros requerido para as aves são muito semelhantes aos padrões humanos, em alguns casos os níveis para as aves é até mais restritivo.

Tabela 4 - Padrões de qualidade da água para dessedentação de aves.

Elementos ou contaminantes	Nível médio considerado	Nível máximo aceitável
Total de bactérias	0/ml	100/ml
Coliformes totais	0/ml	50/ml
Nitratos	10 mg/l	25 mg/l
Nitritos	0,4 mg/l	4 mg/l
PH	6,8-7,5	-
Dureza	60-180 mg/l	-
Cálcio	60 mg/l	-
Cloreto	14 mg/l	250 mg/l
Cobre	0,002 mg/l	0,06 mg/l
Ferro	0,2 mg/l	0,3 mg/l
Chumbo	-	0,02 mg/l
Magnésio	14 mg/l	125 mg/l
Sódio	32 mg/l	-
Sulfato	125 mg/l	250 mg/l
Zinco	-	1,5 mg/l

Fonte: Scheideler & Pendleton (1995).

A tabela 5 contempla o consumo de água para diversos animais, onde verifica-se que o maior consumo é para as vacas em lactação.

Tabela 5. Consumo médio de água pelos animais

Animais	Consumo Litros / Animal / Dia
Suínos em fase dterminação	5 a 10 L
Porcas em maternidade	35 a 50 L
Avicultura Industrial (frangos)	0,5 a 1 L
Bovinocultura de Corte Animal Adulto	50 a 70 L
Vacas em Lactação	80 a 100 L

Fonte: Projeto Gestar Ariranha Outubro de 2004 - APACO EMBRAPA Suínos e Aves Março de 2005

6. REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA

Quase todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos, os quais são novamente incorporados aos recursos hídricos, causando a sua poluição. A poluição orgânica das águas superficiais aumenta a concentração de carboidratos, lipídeos e açúcares nos corpos receptores. Esses compostos orgânicos, ao serem degradados pelos organismos decompositores, principalmente bactérias e fungos, liberam ácidos fracos e sais minerais, entre os quais há compostos de nitrogênio e fósforo. No meio rural, as águas do escoamento podem carrear para os recursos hídricos: matéria orgânica (folhas, dejetos de animais), sólidos inorgânicos, pesticidas, fertilizantes e compostos químicos (Mota, 1995).

Segundo Lotti (1981) no passado, o problema de gestão de águas residuárias e reuso de efluentes foi garantido por países com economia altamente desenvolvida, resultando numa demanda crescente por uma boa qualidade de água para uso doméstico e industrial. Muitos países em desenvolvimento estão revestidos de uma situação similar, especialmente em regiões áridas e semi áridas, onde a disponibilidade de água é severamente limitada.

Assim, as possibilidades de uso da água estão diminuindo em várias regiões do mundo, ao passo que a demanda por água limpa e sadia está aumentando devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico. Um primeiro passo seria diminuir a poluição na tentativa de restabelecer a qualidade da água e com isto tornar o recurso reutilizável (Kemper, 1997).

O reuso da água na irrigação é uma alternativa que vem se mostrando viável pelas seguintes razões: em áreas onde as culturas mais necessitam de irrigação a água é, via de regra, escassa; a agricultura irrigada requer grandes volumes de água, que representam a maior demanda de água nas regiões secas; as plantas podem ser beneficiadas não somente pela água mas também, dentro de certos limites pelos materiais dissolvidos nos efluentes, tais como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes (Pengosamy, 1987 e Pescod, 1992).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUDRY, P., SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino.** Recife: CNPq, 1995. 128p.

AYERS, R.S., WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BOUWER, H., IDELOVITCH, E. Quality requeriments for irrigation with sewage water. **J. Irrig. Drain. Div.**, v.113, n. 4, p. 516-535, 1987.

BRESLER, E., Mc NEAL, B.L., CARTER, D.L. **Saline and sodic soils.** Berlin: W. Germany, 1982. 236p.

CHESSEMAN, J. M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiol.**, v.87, n.3, p.547-550. 1988.

FAGERIA, N.K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v.88, n.2 p.237-243, 1985.

HASEGAWA, P.M., BRESSAN, R. A., HANDA, A. K. Cellular mechanisms of salinity tolerance. **HortScience**, v.21, n.6, p.1317-1323, 1986.

Capítulo 4

Coleta, acondicionamento, preservação e transporte de amostras de água

Lúcia Helena Garófalo Chaves



INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do homem e demais seres vivos do Planeta. É uma substância fundamental para os ecossistemas da natureza, solvente universal e importante para a absorção de nutrientes do solo pelas plantas, além de imprescindível às formações hídricas atmosféricas, influenciando o clima das regiões; no ser humano, é responsável por aproximadamente três quartos de sua constituição.

O Brasil é o país mais rico em água potável, com 8% das reservas mundiais, concentrando 18% do potencial de água de superfície do planeta (Maia Neto, 1997). No entanto, o aumento da população, das atividades industriais e a ausência de políticas públicas voltadas para a preservação das águas têm feito com que a qualidade das mesmas venha piorando ao longo do tempo. Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água. No Brasil, esse problema não é diferente, uma vez que os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 80% das internações hospitalares do país são devidas a doenças de veiculação hídrica, ou seja, doenças que ocorrem devido à qualidade imprópria da água para consumo humano.

A água para ser consumida pelo homem não pode conter substâncias dissolvidas em níveis tóxicos e nem transportar, em suspensão, microrganismos patogênicos que provoque doenças. O comprometimento da qualidade da água é decorrente de poluição causada por diferentes fontes, tais como efluentes domésticos, efluentes industriais e deflúvio superficial urbano e agrícola (Merten & Minella, 2002).

A água utilizada na irrigação e na indústria também precisa ser de boa qualidade. Na irrigação a água não pode conter sais em excesso para não prejudicar as plantas e o solo, e nem conter substâncias dissolvidas que possam causar danos aos equipamentos. Na indústria, dependendo de algumas características físico-químicas, a água quando não submetida ao devido tratamento, pode ocasionar incrustação e corrosão dos equipamentos, diminuindo sua vida útil. O conhecimento da qualidade da água também se faz necessário quando a mesma for ser utilizada em outras atividades, como criação de peixes, camarões, galinha, gado, e outros. Quando se utiliza o termo "qualidade de água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas, e que, conforme essas características, são estipuladas diferentes finalidades para a água. A política normativa nacional de uso da água consta na resolução número 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos.

A forma de determinar estes parâmetros, e conseqüentemente, a qualidade da água, é através de análises físico-químicas e microbiológicas realizadas por laboratórios especializados. A partir, então, dos resultados destas análises, as águas são classificadas para determinados fins. Neste contexto, nos capítulos 4 e 5, procura-se abordar os parâmetros determinantes da qualidade da água e métodos analíticos utilizados nas análises de água, lembrando que os mesmos são compilações elementares dos "Métodos Padronizados para Exame de Água e Esgotos", reconhecidos pela American Public Health Association, American Water Works Association e Water Pollution Control Federation.

1. COLETA, ACONDICIONAMENTO, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE DE AMOSTRAS DE ÁGUA

A coleta e a preservação das amostras devem ser feitas com uso de técnicas adequadas, sem o que os resultados podem não refletir as condições do momento em que a coleta foi realizada. Sendo a coleta parte integrante do processo analítico e sua execução, contribuindo decisivamente para os resultados, o indivíduo designado para efetuar-la deve ser devidamente treinado sobre as técnicas de amostragem e preservação, medidas de segurança, manuseio dos materiais usados em campo, conhecimento da localização exata dos pontos de amostragem e registro de condições atípicas nos referidos locais. Da correta execução dos procedimentos depende a confiabilidade dos resultados finais e, portanto, as ações resultantes da interpretação dos dados gerados.

A localização dos pontos de amostragem e estabelecimento de um itinerário racional, levando em conta a distância do laboratório para execução das análises e prazos de preservação das amostras, é fundamental e visa evitar prejuízos e riscos. Isto porque o intervalo de tempo entre a coleta das amostras e a realização das análises pode comprometer sobremaneira sua composição inicial, especialmente quando se faz necessário à avaliação da concentração de substâncias que se encontram em pequenas quantidades (micronutrientes e metais pesados), ou no caso de amostras biológicas, quando se necessita manter a integridade dos organismos.

Os tipos de frascos mais utilizados no armazenamento de amostras são os de plástico, vidro borossilicato e do tipo descartável, sendo estes últimos empregados quando o custo da limpeza torna-se muito oneroso. A escolha dos frascos geralmente é feita de acordo com o conjunto de determinações a serem realizadas na amostra coletada, por exemplo, frascos para coleta de amostras destinadas à análise biológica, microbiológica, físico-química, biocidas, ou outras. A limpeza de frascos e tampas é de suma importância para impedir a introdução de contaminantes nas amostras. São necessários cuidados especiais para evitar a utilização de materiais de limpeza cuja fórmula contenha as substâncias que se quer determinar na amostra de água. O exemplo mais comum desse tipo de interferência é o uso de sabões com fosfato, quando se quer determinar esse constituinte, e, descontaminar os frascos, utilizando solução de ácido nítrico quando se deseja analisar íon nitrato. O uso de frascos descartáveis inertes previne tal tipo de contaminação. No caso de requerer-se análise de macronutrientes, como os sais dissolvidos de nitrogênio e fósforo, a descontaminação dos frascos de coleta com uma solução de ácido clorídrico a 5% pode ser suficiente.

No momento da coleta, desrosquear a tampa do frasco com as mãos limpas e desinfetadas com álcool, tocando apenas na região externa da tampa e na parte inferior externa do frasco. Em geral, o frasco de coleta deve ser preenchido em posição inclinada e quase no final posicionado verticalmente até encher completamente, sem deixar bolhas de ar. Tomar cuidado para não agitar a amostra, evitando a incorporação de ar.

As amostras não devem incluir partículas grandes, detritos, folhas ou outro tipo de material acidental. A amostragem da água para análise físico-química é feita coletando-se 1,5-2,0 litros da água numa garrafa plástica ou de vidro, nova ou que só tenha sido utilizada com água. Lave-se o recipiente três vezes com a água do local que se deseja analisar, e na quarta vez enche-se, identifica-se com dados sobre o interessado, a procedência, local da coleta, data da coleta e envia-se o mais rápido possível ao laboratório. Caso não seja possível enviar no mesmo dia, colocar sob refrigeração até o momento do envio. Cuidar para no momento da coleta não deixar as mãos entrar em contato com a água. É importante também observar alguns procedimentos que dependem do local da coleta.

Águas de açudes, lagos e represas estão frequentemente sujeitas a variações de condições resultantes de causas naturais, tais como mudanças de estação, chuvas, ventos e correntes internas; essas variações, porém, não são tão rápidas nem tão grandes como as encontradas nas águas correntes. Em geral, uma única amostra já é representativa, se as condições causam variações, várias amostras deverão ser tomadas em diferentes locais. Convém lembrar que os lagos podem ser estratificados e que a composição da água varia com a profundidade.

1.1 Amostragem de Água Superficial

Quando a amostra for coletada diretamente em um corpo de água receptor, deve-se procurar selecionar pontos de amostragem bem representativos da amostra de água a ser examinada, evitando-se a coleta de amostras em áreas estagnadas ou em locais próximos à margem. A amostragem de águas superficiais, no caso de açudes, reservatórios ou rio, pode ser feita por dois processos:

- a) **Coleta manual** – utilizando luvas de cano longo destinadas exclusivamente para esta atividade, remover a tampa do frasco com todo cuidado, sem tocar na região interna. Segurar o frasco pela base, mergulhando-o rapidamente com a boca para baixo, a cerca de 15cm de profundidade, para evitar a introdução de contaminantes superficiais. Direcionar o frasco de modo que a boca fique em sentido contrário à correnteza. Se o corpo de água for estático, deve ser criada uma correnteza artificial, através da movimentação do frasco no sentido horizontal, sempre para frente. Incliná-lo para cima a fim de permitir a saída do ar e completo enchimento do mesmo. Após a retirada do frasco do corpo de água, fechá-lo imediatamente, identificando adequadamente a amostra no frasco.
- b) **Coleta com auxílio de equipamentos** – quando a localização do ponto de amostragem impossibilita a coleta manual, é necessária a utilização de dispositivos adequados para essa finalidade, devendo a mesma ser efetuada a partir de pontes, barrancos e outros locais de acesso previamente definidos. Nestes casos a coleta pode ser realizada com auxílio de um balde de plástico destinado exclusivamente para essa finalidade, previamente limpo e enxaguado com a água do próprio local, preso a uma corda de náilon, pois este material não absorve a água e não apodrece facilmente. Caso seja necessário coletar mais do que um balde, o volume de cada um deles deve ser distribuído igualmente entre todos os frascos, a fim de garantir a homogeneidade da amostra nos diversos frascos.

Observação 1. Sempre que for empregado um mesmo balde em várias amostragens sucessivas em pontos diferentes, este frasco deve ser lavado com amostra do local antes de nova coleta, tendo-se o cuidado de não contaminar a água do local ao processar esta lavagem.

Observação 2. Nos casos de amostragem a partir de margens, em locais de difícil acesso, utilizar o balde de transposição provido de peso, arremessando-o até um local bem distante da margem; segurando bem presa a extremidade livre da corda.

Observação 3. Em caso de coleta a partir de pontes, arremessar o balde contra a corrente segurando bem presa a extremidade livre da corda.

1.2 Amostragem de Água de Poço

- a) Para a coleta de água em torneira localizada próxima ao poço, limpar a área externa da saída da torneira, desinfetar com álcool, abrir a torneira de forma a obter um fluxo de água lento para evitar incorporação de ar na amostra e deixar a água escorrer por 2 a 3 minutos para eliminar toda a coluna de líquido na canalização antes de recolher a amostra no frasco. A torneira não deve conter aeradores, filtros ou peneiras, nem apresentar vazamento. Remover a tampa do frasco de coleta, com todos os cuidados de assepsia, evitando contaminação da amostra pelos dedos, luvas ou outro material. Segurar o frasco verticalmente, próximo à base e efetuar o enchimento, deixando um espaço vazio de aproximadamente 2,5 a 5,0 centímetros do topo, possibilitando a homogeneização. Fechar o frasco imediatamente após a coleta e enviar ao laboratório sob refrigeração.
- b) Para a coleta de água em balde, em poços sem bomba, utilizar o balde do próprio poço previamente limpo e enxaguado. Não retirar amostras da camada superficial da água, evitando a contaminação com espumas ou com outro material das paredes do poço. Encher o balde com a água e, tocando somente na região externa do balde, transferir a água para o frasco de coleta em posição inclinada e, quase no final, posicionar o frasco verticalmente até encher completamente, sem deixar bolhas de ar. Tomar cuidado para não agitar a amostra, evitando a incorporação de ar. Fechar o frasco imediatamente após a coleta e enviar ao laboratório sob refrigeração.
- c) Em poços equipados com bombas manuais ou mecânicas, bombear a água durante aproximadamente cinco minutos. Realizar desinfecção da saída da bomba com hipoclorito. Deixar a água escorrer novamente antes da coleta de amostras. Remover a tampa do frasco de coleta, com todos os cuidados de assepsia, evitando contaminação da amostra pelos dedos, luvas ou outro material. Segurar o frasco verticalmente, próximo à base e efetuar o enchimento, deixando um espaço vazio de aproximadamente 2,5 a 5,0 centímetros do topo, possibilitando a homogeneização. Fechar o frasco imediatamente após a coleta e enviar ao laboratório sob refrigeração.

Observação: Caso a água seja de poço recentemente aberto, esperar alguns dias com o mesmo em funcionamento antes de fazer a coleta da amostra, para que seja eliminado qualquer tipo de material em suspensão, resultante da perfuração.

1.3 Transporte e Estocagem das Amostras

A preservação adequada da amostra e o tempo-limite para o início do exame são fatores críticos para a obtenção de dados válidos, não devendo ser analisadas as amostras que não atendam às especificações relativas a esses aspectos.

- a) As amostras de água devem ser transportadas com a menor agitação possível e armazenadas sob refrigeração (4°C); o intervalo recomendado entre a coleta e o início das análises é de 6 horas, não devendo exceder 24 horas.

- b) Cuidado especial deve ser tomado no transporte dos frascos de coleta a fim de se evitar quebras, danos, agitação excessiva e derramamentos. Utilizar uma caixa de isopor com preenchimento dos espaços vazios entre os frascos de modo a permitir o encaixe firme e seguro dos mesmos.

2. PARÂMETROS DETERMINANTES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Os parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água, analisada em laboratório, são físicos, químicos e microbiológicos. Os parâmetros físicos dizem respeito à cor, sabor, cheiro, turbidez e temperatura. Já os químicos, estão relacionados com o pH da água, com os sólidos dissolvidos totais (SDT), dureza e concentração dos elementos químicos presentes na água. Os parâmetros biológicos estão relacionados ao nível de contaminação microbiana por meio da identificação dos microrganismos.

Na realidade, são muitos os parâmetros empregados na avaliação da qualidade da água, no entanto, nesta publicação serão apresentados aqueles mais comumente utilizados, cujos comentários, a respeito de cada um deles, serão apresentados a seguir.

2.1 Temperatura

Leituras exatas da temperatura são importantes em vários processos de tratamento e determinações de laboratório.

A temperatura da água tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor, entre outras. Ela influencia também, certas fluorescências de algas, no grau de saturação de oxigênio dissolvido e na concentração de dióxido de carbono.

Os termômetros utilizados na determinação da temperatura são calibrados por total imersão ou por imersão parcial. Os termômetros de imersão total devem ser completamente imersos na água para dar a temperatura correta. Aqueles de imersão parcial, por outro lado, devem ser imersos na água até a altura do círculo gravado que aparece ao redor da haste, abaixo do nível da escala.

2.2 Condutividade Elétrica

A condutividade de uma amostra é a medida de sua capacidade de conduzir corrente elétrica sendo dependente do número e do tipo de espécies iônicas nela dispersas. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar esse teor através da medida de condutividade de uma água. Essa medida é feita com a utilização de uma célula de condutividade, constituída de dois eletrodos quimicamente inertes (platina), situados a uma distância "L", acoplados a um instrumento provido de ponte de Wheatstone.

Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não o fizer automaticamente.

Medidas de condutividade são importantes na prática da irrigação, aquíicultura e preservação de corrosão, especialmente na área do reuso de águas. A condutividade é, também,

uma medida importante na determinação de outros parâmetros analíticos, entre os quais salinidade, gás sulfídrico e sólidos dissolvidos, na prática da caracterização de águas para diferentes usos.

Quando a medida de condutividade é feita na unidade do Sistema Internacional de Unidades, adotado pelo Brasil, milsiemens por metro (mS/m), a conversão para $\mu\text{mhos/cm}$ deve considerar a seguinte relação:

$$1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{mhos/cm}$$

2.3 pH

O pH é um termo usado universalmente para expressar a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução. Em outras palavras, pode-se dizer que ele expressa a concentração do íon hidrogênio, ou mais precisamente, a atividade iônica do hidrogênio.

O conceito de pH envolve uma série de conhecimentos sobre ácidos e bases. De acordo com o Arrhenius, ácidos são as substâncias que dissociam produzindo íons hidrogênio e bases são as substâncias que dissociam formando íons hidroxila. Segundo estes conceitos, ácidos e bases fortes são altamente ionizados e ácidos e bases fracas são pouco ionizados em soluções aquosas.

O princípio da medição eletrométrica do pH é a determinação da atividade iônica do hidrogênio, utilizando o eletrodo padrão de hidrogênio. O eletrodo determina a concentração do íon hidrogênio na solução. Com seu uso, foi descoberto que a água pura se dissocia produzindo uma concentração de hidrogênio igual a 10^{-7} mol/L .

Como a água se dissocia produzindo um íon hidroxila para cada íon hidrogênio dissociado, é evidente que 10^{-7} mol de hidroxila é produzida simultaneamente.



De acordo com a equação de equilíbrio, tem-se:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K$$

mas, desde que a concentração da água é grande e diminui muito pouco com um mínimo grau de ionização, pode ser considerada como constante e assim, a equação acima pode ser escrita como:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$$

e para água pura em torno de 25°C ,

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$$

Isto é conhecido como a constante de ionização da água

Quando um ácido é adicionado à água, ele ioniza e a concentração do íon hidrogênio aumenta, conseqüentemente, a concentração do íon hidroxila tem que diminuir para manter a constante de ionização. Por exemplo, se um ácido é adicionado para aumentar o $[\text{H}^+]$ para 10^{-1} , a $[\text{OH}^-]$ deve diminuir para 10^{-13} , ficando:

$$10^{-1} \times 10^{-13} = 10^{-14}$$

Da mesma forma, se uma base é adicionada a água para aumentar a $[\text{OH}^-]$ para 10^{-3} , o $[\text{H}^+]$ diminui para 10^{-11} .

Expressar a concentração do íon hidrogênio em termos de concentração molar é difícil, por isso, foi proposto expressar tal valor em termos de logaritmo negativo, designando o mesmo como potencial hidrogeniônico, pH, podendo ser representado por:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{ou} \quad \text{pH} = \log 1 / [\text{H}^+]$$

A escala do pH varia de 0 a 14, com pH 7 representando a neutralidade. As condições ácidas aumentam quando os valores de pH diminuem, e as condições alcalinas aumentam quando os valores de pH aumentam. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade.

Os dados de pH deveriam ser interpretados em termos de concentração do íon hidrogênio, a qual, certamente, é a medida da intensidade das condições ácida ou alcalina. Por questões práticas, a conversão do valor de pH para concentração hidrogeniônica é muito simples, embora se deva lembrar que pH é uma medida da atividade iônica e não de concentração.

Para	pH 2	tem-se $[\text{H}^+] = 10^{-2}$;
	pH 10	tem-se $[\text{H}^+] = 10^{-10}$;
	pH 4,5	tem-se $[\text{H}^+] = 10^{-4,5}$

2.4 Cor

A cor de uma água é conseqüência de substâncias nela dissolvidas ou devido à presença de partículas coloidais em suspensão. As vezes são tão coloridas, que para serem aceitas para o uso doméstico e/ou industrial precisam passar por algum tratamento que remova sua cor. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, manganês, ou ácidos húmicos, pode se tornar arroxeada, negra e amarelada, respectivamente.

Da mesma forma que a turbidez, a cor da água é influenciada por uma grande variedade de substâncias e por isso foi adotado um padrão arbitrário para sua medida. Descobriu-se que soluções de cloroplátado de potássio misturados com pequenas quantidades de cloreto de cobalto produzem cores muito parecidas com as cores naturais da água. Assim, a cor produzida por 1 mg / L de platina, na forma de íon cloroplátado (K_2PtCl_6), é tida como a unidade padrão de cor. A avaliação da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados, calibrados com a solução de platina-cobalto. Especial cuidado deve ser tomado na anotação do pH em que for realizada a tal avaliação, pois a intensidade da cor aumenta com o pH.

Dois tipos de cor são reconhecidos na água: a cor verdadeira, que resulta da presença de substâncias orgânicas dissolvidas ou coloidais, e a cor aparente, causada por materiais em suspensão. Em laboratório, a cor aparente é determinada na amostra de água, como ela é, ou seja, sem nenhum pré-tratamento. Entretanto, para se obter a cor verdadeira, o material em suspensão na água deve ser removido. Isto pode ser conseguido por simples centrifugação da amostra de água ou por coagulação da água turva com sulfato de alumínio, em pH ácido. A cloração residual livre e a supercloração podem auxiliar na redução da cor.

Para ser potável uma água não deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o índice máximo permitido deve ser 20mg Pt/L. Em geral as águas subterrâneas apresentam valores de cor inferiores a 5mg de platina.

2.5 Turbidez

Turbidez é uma expressão da propriedade ótica que causa a dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água. A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas sólidas em suspensão como, por exemplo, silte, argila, areia fina, material mineral, resíduos orgânicos, plâncton e outros organismos microscópicos que impedem a passagem da luz através da água. A presença dessas partículas provoca a dispersão e absorção da luz dando a água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. Como a turbidez não possui relação direta com o peso dos diversos materiais em suspensão, ela é referida em unidades de turbidez.

Devido a grande variedade de materiais que causam turbidez nas águas, foi necessário se utilizar um padrão arbitrário. O padrão escolhido foi:

1 mg SiO₂ / L = 1 unidade de turbidez

A turbidez pode ser determinada por métodos visuais e instrumental. Dentre os métodos visuais têm-se o turbidímetro de Jackson, considerado o instrumento padrão para determinar turbidez, e os frascos padrões. O método instrumental faz uso dos instrumentos encontrados no comércio, ou seja, instrumentos fotoelétricos. Atualmente, todos estes instrumentos são cópias do original, ou seja, do turbidímetro de Jackson, e os tubos de vidro usados nestes instrumentos são calibrados de acordo com os dados originais existentes.

A determinação da turbidez pelo método instrumental está baseada nos princípios da nefelometria que mede a intensidade da luz dispersada (espalhada) pelas partículas em suspensão na água, enquanto que os métodos visuais medem a interferência da passagem da luz causada pela turbidez. Devido o fenômeno avaliado ser diferente entre os métodos utilizados, os resultados obtidos por esses métodos também são diferentes. Por causa desta diferença, os valores obtidos pelo método instrumental são expressos em Unidades

Nefelométricas de Turbidez (UNT) e aqueles obtidos pelos métodos visuais são expressos em Unidades Jackson de Turbidez (UJT). Com razoável precisão, consegue-se com o método instrumental fazer leituras na faixa de 0 – 40 unidades de turbidez (UT); o turbidímetro de Jackson faz leituras na faixa de 25 – 1000 UT e com os frascos padrões consegue-se leituras na faixa de 5 – 100 UT.

A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz. Segundo a OMS, o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT, uma vez que, acima desse valor a turbidez é notada pelo consumidor e representa uma condição insatisfatória.

As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar.

A avaliação da turbidez deve ser feita em tempo razoável para evitar mudanças nas próprias partículas em suspensão. Quando essas partículas são constituídas principalmente de floco coagulante, é aconselhável que a determinação da turbidez seja imediata. Por outro lado, as amostras de água que contêm partículas minerais não reativas, podem ser conservadas por uma semana ou mais, sem que seja alterada a avaliação de sua turbidez.

Todos os frascos e vidrarias usados para avaliação de turbidez devem ser guardados sob condições bem limpas, tanto por dentro como por fora.

2.6 Dureza

Dureza é um parâmetro característico da qualidade de água e é devido à presença de cátions metálicos divalentes, os quais são capazes de reagir com o sabão formando precipitados. Antigamente a dureza era definida como a dificuldade de uma água em dissolver sabão (fazer espuma) pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como Fe, Mn, Cu, Ba, etc. Águas duras são inconvenientes porque o sabão não limpa eficientemente, aumentando seu consumo, e deixando uma película insolúvel sobre a pele, pias, banheiras e azulejos do banheiro.

Com o advento do detergente sintético, algumas desvantagens do uso da água dura na limpeza de casa diminuíram. Entretanto, o sabão, ainda é usado na lavagem de roupa e higiene pessoal, fazendo com que continue havendo objeção quanto ao uso da água dura para estes fins.

A dureza da água varia, consideravelmente, de um lugar para outro, sendo, em geral, as águas superficiais mais moles do que as águas subsuperficiais. A dureza na água é proveniente do contato da água com o solo e com as rochas refletindo, assim, a natureza das formações geológicas dos mesmos.

A água da chuva quando cai na terra não é capaz de dissolver a grande quantidade de sólidos que existem em muitas águas naturais. A capacidade para dissolver é obtida no solo onde o dióxido de carbono é liberado pela ação das bactérias. A água do solo torna-se altamente carregada com o dióxido de carbono o qual, certamente, existe em equilíbrio com o ácido carbônico. Sob as condições de baixo pH que se formam, particularmente as formações calcáreas, são dissolvidas. Isto porque o dióxido de carbono reage com os carbonatos insolúveis, convertendo-os a bicarbonatos solúveis. Como nas formações calcáreas não existem apenas os carbonatos, e sim, várias impurezas, como os sulfatos, cloretos e silicatos, estes materiais também se solubilizam pela ação solvente da água e passam para a solução. Em geral, águas duras se originam em áreas onde as formações calcáreas estão presentes, e as águas moles, onde estas formações não existem ou se encontram muito espalhadas.

2.7 Cloretos

Os cloretos ocorrem nas águas naturais em diversas concentrações sendo que estas aumentam a medida em que aumenta o conteúdo mineral. As águas dos rios e as subsuperficiais têm considerável quantidade de cloreto; nas águas dos mares e oceanos os níveis de cloreto são muito altos.

As águas naturais recebem cloreto de várias maneiras: a água dissolve os cloretos presentes nos solos; o cloreto da água dos oceanos é levado para terra, onde se deposita, como gotas de água ou como pequenos cristais de sais, os quais resultam da evaporação da água das gotas; as águas dos mares e oceanos invadem os rios que desaguam nos mesmos. Neste caso, a água salgada sendo mais densa flui contra a corrente sob as águas dos rios que correm em direção aos mares e oceanos; há, portanto, uma constante mistura da água salgada com a água dos rios. As águas subsuperficiais das áreas adjacentes aos mares e oceanos também são influenciadas pelas águas salgadas provenientes dos mesmos.

As excreções humanas, particularmente a urina, contém cloreto em quantidades correspondentes às ingeridas com os alimentos e a água. Essas quantidades variam em torno de 6 gramas de cloreto por pessoa por dia e aumentam a quantidade de cloreto nos efluentes dos esgotos, em média de 15 mg/L acima do valor das águas correntes. Desta forma os efluentes de esgoto adicionam considerável quantidade de cloreto nos mananciais que os recebem.

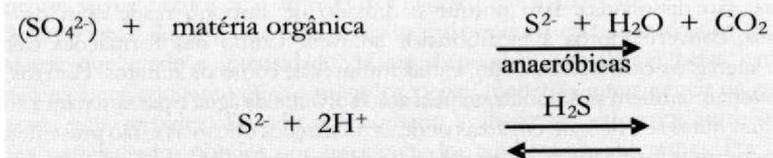
Muitos resíduos industriais também contêm quantidades apreciáveis de cloreto que podem ser levados para os mananciais que recebem tais resíduos.

Os cloretos, em concentrações razoáveis, não são prejudiciais ao homem. Em concentrações acima de 250 mg/L eles provocam um gosto salgado à água, o qual pode ser uma objeção para muitas pessoas. Por essa razão foi estipulado o limite de 250 mg/L de cloreto nas águas para uso público. Entretanto, em muitas áreas do mundo, onde há escasses de água, fontes contendo 2000 mg/L são usadas para fins domésticos sem causar qualquer dano, uma vez que o organismo humano se adapta à água.

2.8 Sulfato

O íon sulfato (SO_4^{2-}) é um dos principais ânions presente nas águas naturais. Ele é importante na água de abastecimento público devido seu efeito...sobre o homem quando ocorre em quantidades excessivas. Por esta razão o limite recomendado é de 250 mg/L nas águas para consumo humano. Sulfato também é importante nas águas de abastecimento das indústrias por causa da tendência das águas, que contêm grande quantidade do mesmo, em formar encrostamento nas caldeiras.

Sulfatos despertam grande interesse porque eles são, indiretamente, responsáveis por dois sérios problemas, frequentemente associados com o manejo e tratamento das águas residuárias. Um deles é o odor e o outro a corrosão resultante da redução do (SO_4^{2-}) a H_2S sob condições anaeróbicas, como mostram as reações abaixo:



Na ausência de oxigênio dissolvido e de nitratos, os sulfatos servem como fonte de oxigênio (ou mais corretamente como receptor de elétron) para as oxidações bioquímicas produzidas por bactérias anaeróbicas. Sob condições anaeróbicas o íon sulfato é reduzido a íon sulfídrico o qual entra em equilíbrio com o íon hidrogênio formando o gás sulfídrico (H_2S). No pH 8 e acima deste, a maior parte do enxofre reduzido ocorre na solução como íons HS^- e S^{2-} e a quantidade de H_2S é insignificante, por isso não ocorre problema de odor. Para pH abaixo de 8, o equilíbrio se modifica rapidamente formando H_2S , o que causa sério problema de odor.

Nos canos de esgoto, devido às condições aeróbicas e a presença de bactérias, o H_2S é oxidado formando ácido sulfúrico. Este ácido é muito forte e capaz de corroer as paredes dos referidos canos.

2.9 Alcalinidade

A alcalinidade das águas é decorrente, principalmente, dos sais de ácidos fracos e bases fortes, sendo que essas substâncias agem como tampão, resistindo à diminuição do pH, resultante da adição de ácido. Alcalinidade é, pois, a medida total das substâncias presentes numa água, capazes de neutralizarem ácidos. Em outras palavras, é a quantidade de substâncias presentes numa água e que atuam como tampão. Se numa água quimicamente pura (pH=7) for adicionada pequena quantidade de um ácido fraco, seu pH mudará instantaneamente. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a diminuição de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido.

Os bicarbonatos representam a principal forma de alcalinidade, uma vez que eles são formados em grandes quantidades a partir da ação do dióxido de carbono sobre os materiais básicos no solo. Outros sais de ácidos fracos, tais como os boratos, os silicatos e os fosfatos, podem estar presentes em pequenas quantidades. Alguns ácidos orgânicos, que são bastante resistentes à oxidação biológica, por exemplo, os ácidos húmicos, formam sais que contribuem para a alcalinidade das águas naturais. Nas águas poluídas ou naquelas com condições anaeróbicas, podem ser produzidos sais de ácidos fracos, tal como o ácido acético. Em outras situações, a amônia ou os hidróxidos podem contribuir para a alcalinidade total de uma água.

Sob certas condições, as águas naturais podem conter quantidades consideráveis de carbonato e hidróxidos. Em águas superficiais, onde ocorrem muitas algas, esta condição é decorrente do fato das algas retirarem dióxido de carbono da água, elevando o pH da mesma a 9 ou 10. Em águas subterrâneas a alcalinidade é devido, principalmente, aos carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia.

A alcalinidade das águas tem pouca significância para a saúde pública. Quando elas apresentam alta alcalinidade, não são palatáveis e os consumidores tendem a procurar outras fontes de água.

Alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos os íons presentes numa água e é expressa em mg/L de CaCO_3 .

2.10 Ferro

O ferro está presente em solos e minerais (magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios), geralmente nas formas insolúveis, como óxidos de ferro e sulfato de ferro. Em alguns locais ocorre na forma de carbonato de ferro, o qual é ligeiramente solúvel. Este carbonato em contato com o dióxido de carbono existente na água do solo, pode ser dissolvido, como mostra a equação a seguir:



Contudo, os problemas com o ferro no solo, ocorrem nos locais onde ele está na forma insolúvel, ou seja, como composto férrico. Esta forma em condições aeróbicas não solubiliza, mesmo na presença de grandes quantidades de dióxido de carbono. Entretanto, em condições anaeróbicas, o íon férrico (Fe^{3+}) é reduzido para íon ferroso (Fe^{2+}), e daí é solubilizado sem dificuldade. Quando a água, carregada de oxigênio, penetra no solo atingindo o lençol freático, algumas vezes, observa-se um aumento no conteúdo de ferro solúvel na água. Isto parece ser contraditório com o que foi comentado acima, ou seja, que a solubilização ocorre em condições anaeróbicas. Neste caso, a explicação é que o oxigênio presente na água é consumido durante a oxidação da pirita (FeS_2), forma insolúvel de ferro, provocando condições anaeróbicas e a formação do sulfato de ferro solúvel:



Assim, fica claro que, o desenvolvimento de condições anaeróbicas é essencial para que quantidades consideráveis de ferro se tornem presentes nas águas.

Águas contendo ferro não são prejudiciais ao homem, no entanto, quando expostas ao ar, entrando em contato com o oxigênio, tornam-se turvas e não aceitáveis, sob o ponto de vista estético, devido a oxidação do ferro, o qual se precipita na forma coloidal, tingindo fortemente a água. Exemplo disso são as águas com alto conteúdo de Fe que, ao saírem de um poço, por exemplo, são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência nada agradável.

Apesar de o homem necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3 mg/L. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro ao se oxidar, precipita sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são arejadas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe, formando compostos estáveis, não oxidáveis. O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro presente na água, e ainda adiciona mais produto químico (fosfatos) à mesma. Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

2.11 Oxigênio Dissolvido

O gás oxigênio é classificado como pouco solúvel e, desde que não reage

quimicamente com a água, sua solubilidade é diretamente proporcional a sua pressão parcial e varia com a temperatura e com a pressão atmosférica. Em águas naturais, por exemplo, a solubilidade do oxigênio atmosférico varia de 14,6 mg/L a 0 °C a 7 mg/L a 35 °C, abaixo de 1 atm de pressão. Condições de alta temperatura, onde o oxigênio dissolvido (OD) é menos solúvel, são preocupantes para os ambientalistas, já que a oxidação biológica aumenta e, conseqüentemente, a demanda de oxigênio. As condições críticas relacionadas à deficiência de OD no ambiente, na maioria das vezes, ocorrem durante os meses de verão quando as temperaturas são mais altas e a solubilidade de oxigênio se encontra no mínimo. Por esta razão, é comum considerar o nível de 8 mg/L de OD como sendo o máximo disponível sob condições críticas.

A água, em contato com o ar, fica geralmente saturada com oxigênio à temperatura ambiente. Por outro lado, a água que foi isolada do contato com o ar (a profunda, como a de poços ou de lagos estratificados), contém pouco ou nenhum OD. O conteúdo deste pode ser acrescido pelo oxigênio produzido por plantas aquáticas durante a fotossíntese. Um decréscimo no OD na água da superfície pode ocorrer quando a temperatura da água se eleva ou quando a quantidade de poluição de um riacho aumenta.

A baixa solubilidade do oxigênio é o principal fator que limita a capacidade de purificação das águas naturais tornando necessário o tratamento do lixo, no sentido de remover os seus materiais poluidores, antes de ser descartado em algum corpo de água. Nos tratamentos, que utilizam processos biológicos aeróbicos, a solubilidade limitada do oxigênio é de grande importância porque ela governa a taxa de oxigênio que será absorvida pelo meio e, portanto, o custo da aeração.

A solubilidade do oxigênio é menor em águas salinas do que em águas límpidas. Por esta razão, a solubilidade, para uma determinada temperatura, diminui conforme a seqüência: água límpida, água de estuário, água do oceano.

Em lixos, ou resíduos líquidos, o oxigênio dissolvido é o fator que determina se as mudanças biológicas serão feitas por organismos aeróbicos ou anaeróbicos. Como as mudanças anaeróbicas resultam em produtos não desejáveis, é importante que condições favoráveis para os organismos aeróbicos (condições aeróbicas) sejam mantidas. Assim, as avaliações do OD são vitais para manter as condições aeróbicas nas águas naturais, que recebem despejo de materiais poluentes, e nos tratamentos aeróbicos para purificar as águas residuárias domésticas e industriais.

O oxigênio dissolvido, que corresponde à quantidade de gás oxigênio contido na água ou no esgoto, numa determinada temperatura e numa pressão atmosférica específica, é um dos parâmetros mais importantes para exame da qualidade da água, pois revela a capacidade da mesma para sustentar organismos aquáticos, como por exemplos, os peixes. A escassez de OD, que é geralmente causada por lixos em excesso ou imprópriamente tratados, pode levar ao desaparecimento dos peixes de um determinado corpo d'água, dado que esses organismos são extremamente sensíveis à diminuição do OD de seu meio. Isto também pode ocasionar um odor não muito agradável.

2.12 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é definido como a quantidade de oxigênio requerido pelas bactérias durante a decomposição da matéria orgânica sob condições aeróbicas. É o parâmetro mais utilizado para a avaliação do consumo de oxigênio na água.

O teste da DBO é amplamente utilizado para determinar o potencial de poluição de águas residuárias domésticas e industriais, em termos de oxigênio que as mesmas necessitarão,

se forem despejadas em cursos de água naturais em que existam condições aeróbicas. Esse teste é um dos mais importantes para as atividades de controle da poluição de cursos de água, além de ser indispensável nos trabalhos de regulamentação da qualidade de efluentes e em estudos para avaliar a capacidade de depuração dos corpos de água receptores de despejos.

O teste da DBO é essencialmente um bioensaio baseado na medida do oxigênio consumido por organismos vivos (na maioria bactérias), enquanto utilizam a matéria orgânica presente nos despejos, sob condições padrões. Por ser um bioensaio é extremamente importante que as condições ambientais sejam adequadas para os organismos vivos atuarem de maneira satisfatória durante todo o tempo do ensaio. Estas condições significam que não deve haver substâncias tóxicas no meio, e que todos os nutrientes necessários para o crescimento das bactérias, como por exemplo, nitrogênio, fósforo e certos elementos traços, devem estar presentes. A degradação biológica da matéria orgânica, sob condições naturais, é feita por diversos grupos de organismos que realizam a oxidação por completo, isto é, transformam a matéria orgânica quase que totalmente em dióxido de carbono e água. Portanto, é importante que diversos tipos de organismos estejam presentes no teste.

As reações de oxidação envolvidas no teste da DBO são resultantes da atividade biológica, e a proporção em que elas ocorrem é governada pelo número de organismos presentes no meio e pela temperatura. Os efeitos da temperatura são mantidos constantes pelo fato do teste ser conduzido a 20 °C, o qual é mais ou menos, um valor médio da temperatura dos corpos naturais de água. Os organismos predominantes, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica nas águas naturais são as formas normalmente existentes nos solos. A taxa dos seus processos metabólicos, sob as condições do teste, é tal, que deve ser calculada em dias.

Teoricamente, um tempo infinito é necessário para completar a oxidação biológica da matéria orgânica, mas por razões práticas, pode-se considerar que esta esteja completada com 20 dias. Entretanto, na maioria das vezes, um período de 20 dias também é longo para se obter os resultados, assim, o teste, tem sido desenvolvido em 5 dias de incubação. No entanto, é bom lembrar que os valores da DBO obtidos com este período de incubação representam apenas uma parte do valor total da DBO. A exata porcentagem depende das características dos organismos e da natureza da matéria orgânica, e pode ser determinada apenas experimentalmente. No caso de águas residuárias domésticas e muitas industriais, tem-se observado que os valores da DBO, obtidos após 5 dias de incubação, representam em torno de 70 a 80 por cento do valor total.

2.13 Sólidos em Suspensão

A definição mais comum de “sólido” refere-se ao material de uma amostra que permanece como resíduo após a evaporação ou secagem da mesma, a uma temperatura de 103 a 105 °C. A quantidade e a natureza dos sólidos que ocorrem nos materiais líquidos, dissolvidos ou não, é muito variada. Em águas potáveis, a maior parte do material se encontra dissolvido e consiste, principalmente, de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. O total de sólidos contidos nestas águas, geralmente varia de 20 a 1000 mg/L, no entanto, recomenda-se que as águas de uso doméstico tenham até 500 mg/L. Águas com teores de sólidos maiores do que este valor podem ter efeito laxativo para as pessoas que não estejam acostumadas com as mesmas.

Em todos os outros materiais líquidos, a quantidade de material coloidal não dissolvido e em suspensão aumenta com o grau de poluição. Os esgotos representam um caso extremo no qual, a maior parte do material sólido não está dissolvido e a parte dissolvida é mínima.

As substâncias não dissolvidas, em geral, são chamadas de material em suspensão ou sólidos em suspensão, os quais podem ser separados por simples filtração ou mesmo decantação.

As águas subterrâneas em geral não possuem sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é, geralmente, como consequência de mau dimensionamento do filtro. Em aquíferos cársticos e fissurais, as aberturas das fendas podem permitir a passagem das partículas mais finas (argila, silte), aumentando assim o conteúdo em sólidos em suspensão.

2.14 Nitrogênio

Os compostos de nitrogênio são de grande interesse no estudo ambiental por causa da sua importância na atmosfera e nos processos vitais de todas as plantas e animais. A química do nitrogênio é complexa devido aos diversos estados de oxidação que o nitrogênio pode assumir, devido ao fato de poder ser rápida a mudança deste estado de oxidação, ao fato desta mudança poder ser feita por organismos vivos, como é o caso das bactérias, e finalmente, devido ao fato desta mudança poder ocorrer em condições, tanto aeróbicas como anaeróbicas.

Sob o ponto de vista da química inorgânica, o nitrogênio pode existir em sete estado de oxidação:



no entanto, os mais importantes são -III, 0, III e V.

A atmosfera serve como um reservatório de onde o nitrogênio é constantemente removido pela ação das descargas elétricas e pela fixação do nitrogênio por algas e bactérias. Durante as descargas elétricas (relâmpagos), grande quantidade de nitrogênio é oxidada a N_2O_5 , e sua união com a água produz HNO_3 , o qual é levado para a terra juntamente com a chuva. Os nitratos também são produzidos pela oxidação do nitrogênio ou da amônia, na produção dos fertilizantes comerciais. Os nitratos servem como adubo para as plantas e são convertidos a proteínas. O nitrogênio atmosférico também é convertido a proteínas através da fixação feita por determinadas bactérias e algas.

Aos solos, o nitrogênio também pode ser adicionado na forma amoniacal, o qual, após ser absorvido pelas plantas, pode ser transformado em proteína. A uréia é um dos compostos amoniacais mais conhecidos, principalmente porque libera gradualmente a amônia.

A amônia liberada pela ação das bactérias sobre a uréia e proteínas pode ser utilizada pelas plantas. Quando a quantidade liberada estiver acima da necessidade das plantas, o excedente é oxidado pelas bactérias nitrificadoras (*Nitrosomonas*), conhecidas como formadoras de nitrito:



Os nitritos são oxidados pelas bactérias do grupo *Nitrobacter*:



Os nitratos, quando em excesso nos solos, por não serem adsorvidos aos mesmos, podem ser lixiviados, atingindo o lençol freático, o que constitui em um problema ambiental.

Sob condições anaeróbicas os nitritos e nitratos podem ser reduzidos por um processo chamado de desnitrificação. Provavelmente os nitratos são reduzidos a nitritos e estes, então, são desnitrificados, formando amônia ou nitrogênio gasoso, o qual vai para a atmosfera. Isto consiste em uma perda muito grande do nitrogênio existente nos solos.

A determinação do nitrogênio presente nas águas, em suas várias formas (amoniacal, nitrito e nitrato), serve como base para avaliação da qualidade das mesmas. Sabe-se que águas poluídas poderão se auto purificar com o tempo, assim os perigos para a saúde ou a possibilidade de se contrair alguma doença através da ingestão destas águas, diminui com o tempo.

Trabalhos feitos com águas residuárias e naturais mostraram que a maior parte do nitrogênio presente nas mesmas está na forma orgânica (proteínas) e amoniacal. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é gradualmente convertido a nitrogênio amoniacal, e em seguida, se houver condições aeróbicas, este é oxidado a nitrito e nitrato. A interpretação da qualidade das águas foi baseada nestes conhecimentos. Por exemplo, águas que contêm nitrogênio na forma orgânica e amoniacal devem ter sido poluídas há pouco tempo e, portanto, representam um grande perigo; as águas, nas quais a maior parte do nitrogênio ocorre na forma de nitrato, devem ter sido poluídas há longo tempo e por isso oferecem pouco perigo à saúde pública. As águas com apreciável quantidade de nitritos apresentam caráter questionável.

A conversão autotrófica da amônia a nitrito e nitrato requer oxigênio, por isso a descarga de nitrogênio amoniacal e sua subsequente oxidação, podem reduzir drasticamente o nível de oxigênio nos rios e estuários, causando problemas para os seres vivos deste ambiente. A presença de amônia livre nas águas, em concentrações acima de 0,2 mg/L, também pode ser fatal para várias espécies de peixes. Vale ressaltar que a molécula de amônia (NH_3) é tóxica, mas que o íon amônio (NH_4^+) não é, e que a relação entre os dois é dependente do pH do meio.

2.15 Fósforo

Em todas as águas superficiais são encontrados diminutos organismos aquáticos (plantas e animais), os quais se desenvolvem em função da quantidade de elementos fertilizantes presentes nas águas. O fósforo e o nitrogênio, por exemplo, são elementos essenciais para o crescimento das algas, sendo que a taxa de crescimento das mesmas é controlada pela quantidade destes elementos presentes nas águas.

As águas residuárias domésticas são, relativamente, ricas em compostos fosforados. Antes do desenvolvimento dos detergentes sintéticos, o conteúdo de fósforo inorgânico geralmente variava de 2 a 3 mg/L e na forma orgânica de 0,5 a 1,0 mg/L. A maior parte do fósforo inorgânico era proveniente dos resíduos humanos resultantes do metabolismo das proteínas e eliminado na urina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Merten, G.H.; Minella, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

Maia Neto, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. A Água em Revista. Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

Silva, S.A.; Oliveira, R. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: Os autores, 2001. 266p.

Santos, N.F.M.; Iaria, S.T.; Branco, S.M.; Branco, W.C. Processos Simplificados para Exame e Análise da Água. Tradução do Manual Simplificado para Laboratório da A.W.W.A. (M-12). São Paulo: USP, 1970. 276.

Sawyer, C.N.; McCarty, P.L. Chemistry for environmental engineering. 3. ed. McGraw-Hill Book Company. 1978. 532p.

Capítulo 5

Métodos de análises de água

Lúcia Helena Garófalo Chaves



1. Determinação da temperatura

Material

- ✓ Termômetro de mercúrio de grau centígrado com uma variação de cerca de 0 a 100 °C. A escala deve ser subdividida em 0,5 °C ou 1 °C para maior facilidade na leitura;
- ✓ Recipiente de vidro ou plástico descartável.

Procedimento

- Para melhores resultados, a temperatura deve ser tomada no ponto de amostragem. Por exemplo, o termômetro deve ser imerso em um riacho ou em um reservatório grande, que contenha a amostra, e deixado aí até que o nível do mercúrio pare de se mover. A temperatura deve, então, ser lida antes do termômetro ser retirado da amostra;
- Em laboratório, no momento da leitura, o termômetro deverá ser imerso numa alíquota de amostra, devendo o bulbo estar afastado das paredes do recipiente, e o menisco do filamento nivelado com os olhos do técnico que efetua a leitura;
- Nas duas situações, registrar a temperatura até a menor fração do grau centígrado que pode ser estimada do termômetro utilizado. Se for um termômetro com escala Fahrenheit, converter as leituras para graus centígrados, utilizando a Tabela 1.

Tabela 1. Conversão de graus Fahrenheit em graus centígrados

°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
30	-1,1	49	9,4	68	20,0	87	30,6
31	-0,56	50	10,0	69	20,6	88	31,1
32	0,0	51	10,6	70	21,1	89	31,7
33	0,56	52	11,1	71	21,7	90	32,2
34	1,1	53	11,7	72	22,2	91	32,8
35	1,7	54	12,2	73	22,8	92	33,3
36	2,2	55	12,8	74	23,3	93	33,9
37	2,8	56	13,3	75	23,9	94	34,4
38	3,3	57	13,9	76	24,4	95	35,0
39	3,9	58	14,4	77	25,0	96	35,6
40	4,4	59	15,0	78	25,6	97	36,1
41	5,0	60	15,6	79	26,1	98	36,7
42	5,6	61	16,1	80	26,7	99	37,2
43	6,1	62	16,7	81	27,2	100	37,8
44	6,7	63	17,2	82	27,8	101	38,3
45	7,2	64	17,8	83	28,3	102	38,9
46	7,8	65	18,3	84	28,9	103	39,4
47	8,3	66	18,9	85	29,4	104	40,0
48	8,9	67	19,4	86	30,0		

2. Determinação da Condutividade Elétrica

Material

- ✓ Recipiente de vidro ou plástico descartável (copo de café)
- ✓ Aparelho para determinar a condutividade elétrica – Condutivímetro
- ✓ Termômetro

Procedimento

- Colocar 10 mL de água em um recipiente;
- Fazer a leitura da temperatura da água;
- Lavar a célula do condutivímetro com água destilada 2 ou 3 vezes;
- Encher a célula do condutivímetro com a água a ser analisada;
- Anotar a leitura do condutivímetro;
- Calcular a condutividade elétrica da água pela seguinte fórmula:

Cálculo

CE água = Leitura do condutivímetro x fator de correção da temperatura (tabelado)

3. Determinação do pH

Material

- ✓ Recipiente de vidro ou plástico descartável (copo de café)
- ✓ Aparelho medidor de pH
- ✓ Soluções tampão de pH 4,0 e 7,0
- ✓ Termômetro

Procedimento

- Inicialmente o aparelho deve ser calibrado utilizando as soluções tampão de pH 4,0 e 7,0
- Colocar 10 mL de água em um recipiente, agitar com um bastão de vidro, fazer a leitura da temperatura da água, deixar em repouso por uma hora;
- Após o repouso, proceder a leitura do pH introduzindo o eletrodo do aparelho no interior do recipiente com a água;
- Após a estabilização do aparelho, anotar o valor da leitura mostrada no visor do aparelho de pH. Através de valores tabelados que correlacionam valor de pH com valor de temperatura, corrigir o valor da leitura do pH de acordo com a temperatura da água.

4. Determinação da cor

Este método é usado apenas para medir a cor em águas límpidas. Como a turbidez aumenta a cor aparente da água, deve-se usá-lo para determinar a cor da água que não contenha mais do que 5 unidades de turbidez e, de preferência, menos do que uma unidade.

Material

- ✓ Estante com dez ou mais tubos de ensaio de 50 mL, combinados, de forma alta;
- ✓ Bureta ou pipetas apropriadas de 25 mL, para medir a solução de cloro estocada;
- ✓ Dez ou mais rolhas de borracha limpas;
- ✓ Solução de cor estocada

Procedimento

➤ Preparação da solução de cor estocada:

- Pesar separadamente, em uma balança analítica 1,246 g de cloroplatinado de potássio (K_2PtCl_6) e 1,0 g de cloreto de cobalto ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$). Usar contra-pesos de vidro ou vidro de relojoeiro nos pratos da balança para a pesagem destes reagentes para evitar que alterem os pratos;
- Transferir os reagentes pesados cuidadosamente para um béquer de 250 mL e dissolve-los em 50 mL de água destilada;
- Adicionar 100 mL de ácido clorídrico concentrado e agitar bem;
- Transferir a solução para um balão volumétrico de 1 litro; limpar o béquer com três porções de 100 mL de água destilada;
- Completar o balão até 1 litro com água destilada. Fechar e agitar bem.

➤ Preparação dos padrões de cor:

- Preparar a seguinte série de padrões de cor, colocando os volumes indicados de solução de cor estocada em todos de ensaio de 50 mL:

Solução de cor (mL)	Unidades de cor
0	0
0,5	5
1	10
2	20
3	30
4	40
5	50
6	60
7	70

- c) Adicionar água destilada ao tubo até a marca de 50 mL e agitar-lo;
- d) Proteger estes padrões, fechando os tubos com rólhas de borracha limpas

➤ **Determinação da amostra contendo menos do que 70 unidades de cor:**

Colocar 50 mL da amostra límpida em tubos de ensaio de 50 mL. Comparar a amostra com os padrões e estimar suas unidades de cor. Se a cor da amostra for maior que a dos padrões (mais de 70 unidades), proceder de acordo com o descrito no próximo item;

➤ **Determinação da amostra contendo mais de 70 unidades de cor:**

- a) Colocar uma porção de 25 mL de amostra límpida em tubo de ensaio de 50 mL. Diluir até a marca com água destilada. Comparar a amostra diluída com os padrões e estimar suas unidades de cor. Se a cor da amostra ainda estiver fora da variação dos padrões, repetir o processo usando porções cada vez menores da amostra original, até que se obtenha a combinação adequada.
- b) Calcular a cor total, multiplicando a cor estimada da amostra diluída final pelo fator apropriado:

Volume da amostra original (mL)	Fator
25	2
20	2,5
10	5
5	10

5. Determinação da turbidez

O método abaixo descrito para a determinação da turbidez diz respeito ao método instrumental, ou seja, utilizando qualquer aparelho fotoelétrico encontrado no comércio.

Material

- ✓ Balão volumétrico de 100 mL
- ✓ Balança analítica
- ✓ Turbidímetro
- ✓ Água destilada
- ✓ Suspensão estoque de turbidez

Solução I. Dissolver 1,00 g de sulfato de hidrazina $[(\text{NH}_2)_2\text{H}_2\text{SO}_4]$ e diluir para 100 mL num balão volumétrico em água destilada;

Solução II. Dissolver 10,00 g de hexametileno tetramina $(\text{CN}_2)_6\text{N}_4$ e diluir para 100 mL num balão volumétrico em água destilada;

Suspensão de formazina.

Misturar 5 mL da solução I e 5 mL da solução II num balão volumétrico de 100 mL e deixar em repouso por 24 horas à temperatura de 25 °C. Diluir para 100 mL em água destilada e misturar. (A turbidez desta suspensão é de 400 UNT).

- ✓ Suspensão padrão de turbidez. Diluir 10,00 mL da suspensão de formazina para 100 mL em água livre de turbidez. Essa suspensão tem uma turbidez de 40 UNT. A partir desta suspensão padrão outras suspensões padrões podem ser preparadas por diluição em água livre de turbidez.

Procedimento

- Calibrar o turbidímetro seguindo as instruções do fabricante;
- Agitar vigorosamente a amostra de água, esperar até que as bolhas de ar desapareçam e despejá-la na célula. Fazer a leitura da turbidez diretamente na escala do instrumento ou numa curva de calibração apropriada;
- Caso a amostra de água apresente valor de turbidez maior do que 40 UNT, diluí-la com um ou mais volumes de água livre de turbidez, até que a medida da amostra diluída se situe entre 30 e 40 UNT. Fazer a leitura de turbidez (A) e considerar o fator diluição (FD) como multiplicador para obtenção da turbidez da amostra original.

Cálculo

$$\text{Turbidez (UNT)} = A \times \text{FD}$$

6. Determinação da dureza

6.1 Dureza total

Dureza é normalmente expressa em termos de CaCO_3 . O método mais comumente empregado na determinação de dureza é o titulométrico do ácido etilenodiaminatetracético (EDTA).

Inicialmente determina-se a concentração de cálcio + magnésio na amostra de água e a partir do seu resultado, calcula-se a dureza total.

Material

- ✓ Balão volumétrico
- ✓ Água destilada
- ✓ Indicador eriochromo black T
- ✓ Cloreto de amônia
- ✓ Sulfato de magnésio
- ✓ Ácido etilenodiaminatetracético (EDTA)

- ✓ Amônia concentrada p.a.
- ✓ Trietanolamina
- ✓ Cianeto de potássio
- ✓ **Solução tampão pH 10:** dissolver 67,5 g de NH_4Cl em 200 mL de água, juntar 600 mL de amônia concentrada, 0,616 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e 0,930 g de EDTA, sal dissódico. Completar o volume a um litro. Verificar a neutralidade da solução em relação ao magnésio e ao EDTA. Para isso, juntar, em 50 mL de água destilada, 3 mL da solução tampão e colocar 4 gotas de eriochromo black T. A cor avermelhada deverá virar para o azul puro com apenas uma gota de EDTA 0,0125 M
- ✓ **Solução coquetel:** misturar 300 mL da solução tampão descrita acima com 300 mL de trietanolamina e 50 mL de cianeto de potássio.
- ✓ **Solução 0,0125 M do sal dissódico do EDTA:** pesar 4,653 g do sal p.a., transferir para o balão de 1 litro e completar o volume.

Procedimento

- Pipetar 25 mL da amostra de água e transferir para erlenmeyer de 250 mL;
- Acrescentar 6,5 mL da solução coquetel;
- Colocar três gotas de eriochromo black T;
- Titular com EDTA até ocorrer a mudança da cor vermelho vinho para a coloração azul
- Anotar o volume gasto de EDTA

Cálculos

$$Ca + Mg(\text{meq} / L) = \frac{(V_T N) \times 1000}{V_A}$$

em que,

V_T = volume de EDTA gasto na titulação, mL

N = normalidade do EDTA

V_A = volume da amostra de água, mL.

Para expressar o teor de cálcio mais magnésio em dureza total, tem-se:

$$\text{Dureza total (mg CaCO}_3\text{/L)} = Ca + Mg (\text{meq/L}) \times 50$$

6.2 Dureza de cálcio

Inicialmente determina-se a concentração de cálcio na amostra de água e a partir do seu resultado, calcula-se a dureza de cálcio.

Material

- ✓ Erlenmeyer com capacidade de 125 mL;
- ✓ Pipeta graduada com capacidade de 20 mL;
- ✓ Hidróxido de potássio (KOH) a 10%;
- ✓ Indicador Murexida
- ✓ EDTA a 0,025 N

Procedimento

- Colocar 20 mL da amostra de água no erlenmeyer;
- Adicionar 2 mL de KOH;
- Colocar uma pitada do indicador Murexida;
- Titular com EDTA 0,025 N até ocorrer a mudança da cor rósea para a cor lilás;
- Anotar o volume gasto de EDTA;

Cálculo

$$Ca(\text{meq} / L) = \frac{(V_T N) \times 1000}{V_A}$$

em que,

V_T = volume de EDTA gasto na titulação, mL

N = normalidade do EDTA

V_A = volume da amostra de água, mL.

Caso queira expressar o teor de cálcio em mg/L, tem-se:

$$Ca(\text{mg} / L) = Ca(\text{meq} / L) \times 20$$

Para expressar o teor de cálcio em dureza de cálcio, tem-se:

$$\text{Dureza de cálcio (mg CaCO}_3\text{/L)} = Ca (\text{meq/L}) \times 50$$

6.3 Dureza de magnésio

Inicialmente calcula-se a concentração de magnésio na amostra de água a qual corresponde à diferença entre a concentração obtida de Ca + Mg e a concentração obtida de Ca. Em seguida calcula-se a dureza de magnésio.

$$Mg(\text{meq} / L) = (Ca + Mg) - Ca$$

$$\text{Dureza de magnésio (mg CaCO}_3\text{/L)} = Mg(\text{meq/L}) \times 50$$

7. Determinação de sódio

Material

- ✓ Recipiente de vidro ou plástico descartável (copo de café).
- ✓ Aparelho Fotômetro de Chama.
- ✓ Água destilada.
- ✓ Solução tampão.
- ✓ Balões volumétricos com capacidade de 50, 100, 150, 200 e 1000 mL.
- ✓ **Solução padrão de sódio (10 meq/L):** pesar 0,5850 g de cloreto de sódio (NaCl) previamente seco em estufa a 105 °C e passar para balão aferido de um litro; dissolver e completar o volume com água destilada.
- ✓ **Solução padrão de sódio (1,0 meq/L):** pipetar 100 mL da solução de 10 meq/L passar para balão aferido de um litro e completar o volume com água destilada.
- ✓ **Solução padrão de sódio (diluída):** pipetar, para balões aferidos de 500, 50, 100, 150 e 200 mL, da solução de 1,0 meq/L e completar o com água destilada; transferir para frascos apropriados e colocar rótulos indicando as concentrações respectivas: 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 meq de Na/L.

Determinação do fator F_{Na} : levar as quatro soluções padrão diluídas ao fotômetro de chama e fazer as leituras correspondentes; elaborar gráfico onde as concentrações dos padrões (meq de sódio / litro) são colocadas na abscissa e as leituras na ordenada; o F_{Na} é o coeficiente angular da reta que se obtém através do gráfico.

Procedimento

- Calibrar o fotômetro de chama com água destilada (leitura zero) e com solução padrão de sódio (leitura 100).
- Colocar 20 mL de água a ser analisada no recipiente;
- Passar esta água no fotômetro de chama;
- Caso a quantidade de sódio presente na água esteja acima dos valores de calibração do aparelho fazer a diluição da mesma colocando 10 mL da água a ser analisada no

balão volumétrico e completar o volume do balão com água destilada (fator de diluição 10);

- Passar novamente 20 mL da água diluída no fotômetro de chama;
- Anotar a leitura do aparelho;

Cálculo

$$Na(\text{meq} / L) = \text{Leitura} \times F_{Na} \times \text{fator diluição}$$

(quando existir diluição)

Para obter o resultado em mg/L, multiplique o valor encontrado em meq/L por 23.

8. Determinação de potássio

Material

- ✓ Recipiente de vidro ou plástico descartável (copo de café);
- ✓ Aparelho Fotômetro de Chama;
- ✓ Água destilada;
- ✓ Solução tampão
- ✓ Balão volumétrico com capacidade de 100mL.
- ✓ **Solução padrão de potássio (10 meq/L):** pesar 0,7460 g de cloreto de potássio (KCl) previamente seco em estufa a 105 °C e passar para balão aferido de um litro; dissolver e completar o volume com água destilada.
- ✓ **Solução padrão de potássio (1,0 meq/L):** pipetar 100 mL da solução de 10 meq/L passar para balão aferido de um litro e completar o volume com água destilada.
- ✓ **Solução padrão de sódio (diluída):** pipetar, para balões aferidos de 500, 50, 100, 150 e 200 mL, da solução de 1,0 meq/L e completar o com água destilada; transferir para frascos apropriados e colocar rótulos indicando as concentrações respectivas: 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 meq de potássio/L.

Determinação do fator F_K : levar as quatro soluções padrão diluídas ao fotômetro de chama e fazer as leituras correspondentes; elaborar gráfico onde as concentrações dos padrões (meq de potássio / litro) são colocadas na abscissa e as leituras na ordenada; o F_K é o coeficiente angular da reta que se obtém através do gráfico.

Procedimento

- Calibrar o fotômetro de chama com água destilada (ponto zero) e com...
- Colocar 20 mL de água a ser analisada no recipiente;
- Passar esta água no fotômetro de chama;
- Caso a quantidade de potássio presente na água esteja acima dos valores de calibração do aparelho fazer a diluição da mesma colocando 10 mL da água a ser analisada no balão volumétrico e completar o volume do balão com água destilada (fator de diluição 10);

- Passar novamente 20 mL da água diluída no fotômetro de chama;
- Anotar a leitura do aparelho;

Cálculo

$$K (\text{meq} / \text{L}) = \text{Leitura} \times F_k \times \text{fator diluição} \\ (\text{quando existir diluição})$$

Para obter o resultado em mg/L, multiplique o valor encontrado em meq/L por 39.

9. Determinação de cloreto

Material

- ✓ Cromato de potássio a 5%;
- ✓ Nitrato de prata (AgNO_3) a 0,05 N;
- ✓ Erlenmeyer de 125 ml;
- ✓ Bastão de vidro
- ✓ Pipeta graduada com capacidade de 20 mL;
- ✓ Bureta graduada com capacidade de 50 mL.

Procedimento

- Pipetar 20 ml da água a ser analisada e colocar em um erlenmeyer;
- Adicionar 5 gotas de cromato de potássio;
- Agitar com um bastão de vidro;
- Titular com solução de nitrato de prata a 0,05N até ocorrer a mudança da cor amarela para a cor vermelho-alaranjado;
- Anotar o volume de nitrato de prata gasto;

Cálculo

$$Cl(\text{meq} / \text{L}) = \frac{(V_T N) \times 1000}{V_A}$$

V_T = volume de nitrato de prata gasto na titulação da amostra de água

N = normalidade do nitrato de prata

V_A = volume da amostra de água, mL.

10. Determinação de sulfato

Material

- ✓ Espectrofotômetro (comprimento de onda da leitura 420 nm)
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Cronômetro
- ✓ Colher medida com capacidade de 0,2 a 0,3 mL
- ✓ Erlenmeyer de 250 mL
- ✓ Pipetas sorológicas de 10 mL
- ✓ Funil para filtração
- ✓ Frasco de filtração
- ✓ Provetas de 50 mL
- ✓ Balão volumétrico de 1000 mL
- ✓ Papel de filtro
- ✓ Balança analítica
- ✓ Cloreto de magnésio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- ✓ Acetato de sódio trihidratado ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- ✓ Nitrato de potássio (KNO_3)
- ✓ Ácido acético (CH_3COOH) (99%)
- ✓ Água destilada
- ✓ Sulfato de sódio (Na_2SO_4)
- ✓ **Solução tampão acética:** dissolver 30 g de cloreto de magnésio hexahidratado, 5 g de acetato de sódio trihidratado, 1,0 g de nitrato de potássio e 20 mL de ácido acético em 500 mL de água destilada e completar para 1000 mL com água destilada. Quando a faixa de concentração de sulfato estiver abaixo de $10 \text{ mg SO}_4^{2-} \text{ L}^{-1}$, preparar a solução tampão acrescentando 0,111 g de sulfato de sódio aos outros reagentes e a 500 mL de água destilada, dissolver e completar o volume para 1000 mL com água destilada.
- ✓ Cristais de cloreto de bário (BaCl_2)
- ✓ **Solução padrão de sulfato:** dissolver 0,1479 g de Na_2SO_4 anidro e diluir para 1000 mL em água destilada. Um mililitro dessa solução contém 100 microgramas de SO_4^{2-}

Procedimento

- Quando a amostra de água estiver turva, filtrá-la através de papel de filtro;
- Medir 50 mL ou uma quantidade apropriada da amostra de água, cujo volume deverá ser completado para 100 mL com água destilada. Transferir para um frasco erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionar 20 mL da solução tampão acética e misturar;
- Medir a absorbância da mistura a 420 nm para corrigir os efeitos da cor e da turbidez (leitura A);
- Sob agitação (usando o agitador magnético) adicionar uma medida ($\pm 0,5\text{g}$) de cristais de BaCl_2 e iniciar imediatamente a cronometragem. Agitar por 1 minuto à velocidade constante;

- Transferir uma porção da suspensão para uma cuveta, colocar no espectrofotômetro (zerado com água destilada) e acompanhar o desenvolvimento das leituras, a 420 nm, durante 5 minutos;
- Registrar a leitura de absorvância feita aos 5 minutos (leitura B);
- Proceder do mesmo modo para a prova em branco (100 mL de água destilada)

Cálculo

- ❖ Construir uma curva de calibração (absorvância x concentração) utilizando os padrões de sulfato de 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 mg $\text{SO}_4^{2-} \text{L}^{-1}$;
- ❖ Subtrair a leitura de absorvância da mistura da amostra e solução tampão (leitura A) da leitura feita aos 5 minutos (leitura B). Desse resultado (B-A) é subtraído o valor (B-A) da prova em branco;
- ❖ Comparar a absorvância resultante da subtração final com a curva de calibração e considerar o fator de diluição da amostra para a obtenção da concentração (quando o fator de diluição da amostra de água for igual ao da curva de calibração a leitura na curva é direta)

O sulfato em amostra de água também pode ser determinado utilizando-se, durante o procedimento, reagentes específicos para este fim, encontrados no comércio já preparados, como é o caso dos reagentes **STF-S1**, **STF-S2** e **STF-S3**. Neste caso, tem-se o seguinte procedimento:

- Quando a amostra de água estiver turva, filtrá-la através de papel de filtro;
- Colocar na cubeta 10 mL de amostra de água (filtrada);
- Adicionar 5 gotas do reagente STF-S1, agitar;
- Adicionar 5 gotas do reagente STF-S2, agitar;
- Adicionar 1 medida (medidor de 0,2g) de STF-S3 (cloreto de bário, cristais);
- Fechar a cubeta e agitar por inversão até total dissolução dos cristais (5 a 10 segundos de agitação costumam ser suficientes);
- Deixar a cubeta em repouso por 5 minutos;
- Colocar a cubeta com a reação no espectrofotômetro e realizar a leitura.

11. Determinação de carbonato

Material

- ✓ Erlenmeyer com capacidade de 125 mL;
- ✓ Solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N;
- ✓ Pipeta graduada com capacidade de 20 mL;
- ✓ Indicador Fenolftaleína.

Procedimento

- Pipetar 20 mL da água a ser analisada e colocá-la no erlenmeyer;
 - Adicionar 3 gotas do indicador fenolftaleína;
 - Se houver formação de uma coloração rósea, titular com solução de H_2SO_4 a 0,02N;
- Anotar o volume gasto de H_2SO_4

Cálculo

$$\text{CaCO}_3 (\text{meq} / \text{L}) = \frac{(2P \times N \times 1000)}{V_A}$$

12. Determinação de bicarbonato

Material

- ✓ Erlenmeyer com capacidade de 125 mL;
- ✓ Solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,02 N;
- ✓ Indicador Metil-Orange.

Procedimento

- Na mesma amostra em que foi determinado o carbonato, após a sua titulação, adicionar 3 gotas do indicador Metil-Orange;
- Titular com solução de H_2SO_4 a 0,02N até a viragem da cor rósea para a cor alaranjada;
- Anotar o volume gasto de H_2SO_4 ;

Cálculo

$$\text{HCO}_3 (\text{meq} / \text{L}) = \frac{(T - 2P) \times N \times 1000}{V_A}$$

em que,

T = volume gasto de H_2SO_4 com metil-orange (não zerando a bureta depois da fenolftaleína)

N = normalidade do H_2SO_4

V_A = volume da amostra

13. Determinação de Alcalinidade

A alcalinidade é a quantidade de prótons (H) necessária para transformar 1 litro de uma solução qualquer em ácido carbônico equivalente. A alcalinidade na água é representada pelos íons OH, carbonato e bicarbonato.

- Alcalinidade devido aos carbonatos: é calculada com base nos valores de carbonato e expressa em termos de alcalinidade em carbonato de cálcio:

$$CaCO_3 (mg / L) = \frac{(2PxNx1000)}{V_A} x 50$$

- Alcalinidade devido aos bicarbonatos: é calculada com base nos valores de bicarbonato e expressa em termos de alcalinidade em carbonato de cálcio:

$$HCO_3 (mg / L) = \frac{(T - 2P)xNx1000}{V_A} x 50$$

14. Determinação de ferro total

Material

- ✓ Espectrofotômetro para uso no comprimento de onda de 510 nm.
- ✓ Cuvetas com espaço interno de 10 mm ou maior.
- ✓ Banho-maria.
- ✓ Estufa de secagem.
- ✓ Chapa térmica.
- ✓ Agitador magnético.
- ✓ Equipamento para filtração a vácuo.
- ✓ Filtro de vidro fundido.
- ✓ Frasco erlenmeyer de 125 mL.
- ✓ Balão volumétrico de 50, 100 e 1000 mL.
- ✓ Frascos de solução.
- ✓ Pipeta volumétrica de 50 mL.
- ✓ Pipetas sorológicas de 1,2,5 e 10 mL.
- ✓ Conta gotas.
- ✓ Balança analítica.

- ✓ Água destilada livre da presença de ferro.
- ✓ Ácido clorídrico concentrado (HCl).
- ✓ Éter isopropílico.
- ✓ **Solução de hidroxilamina**: dissolver 10 g de hidrocloreto de hidroxilamina (NH₂OH.HCl) em 100 mL de água.
- ✓ **Solução tampão de acetato de amônio**: dissolver 250 g de acetato de amônio (NH₄C₂H₃O₂) em 150 mL de água e adicionar 700 mL de ácido acético glacial (CH₃COOH). Preparar uma curva de calibração nova cada vez que for preparada uma nova solução tampão acética, porque o acetato de amônio, mesmo com alta pureza, contém uma quantidade significativa de ferro.
- ✓ **Solução de acetato de sódio**: dissolver 200 g de acetato de sódio trihidratado (NaC₂H₃O₂·3H₂O) em 800 mL de água.
- ✓ **Solução de fenantrolina**: dissolver, sob agitação, 100 mg de 1,10 -fenantrolina monohidratada (C₁₂H₉N₂·H₂O) em 100 mL de água, aquecida a 80 °C ou acidificada com duas gotas de HCl concentrado. Descartá-la quando a cor se tornar escura. Cada milímetro desta solução é suficiente para reagir com não mais de 100 µg de ferro.
- ✓ Ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado.
- ✓ **Solução estoque de ferro**: a solução salina é preparada pela solubilização de 1,404 g de sulfato ferroso amoniacal hexahidratado [Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O] em 50 mL de água a qual tenham sido previamente adicionados lentamente e com resfriamento 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Adicionar solução 0,1 N de permanganato de potássio, gota a gota, até que persista uma coloração rósea fraca e diluir para 1000 mL em água destilada. 1 mL = 200 µg Fe.
- ✓ **Soluções padrões de ferro**: devem ser preparadas diariamente a partir da solução estoque. Para preparar uma solução padrão contendo 1 µg Fe/L, transferir 5 mL da solução estoque para um balão volumétrico de 1000 ml e completar o volume com água destilada. Para preparar soluções mais concentradas, volumes proporcionalmente maiores devem ser usados.
- ✓ **Solução de permanganato de potássio 0,1N**: dissolver 3,2 g de permanganato de potássio (KMnO₄) em água destilada e completar o volume para 1000 ml de água destilada. Filtrar em filtro de vidro fundido.

Observação: Manter os reagentes em recipientes de vidro com tampa de vidro.

Preparação da curva de calibração

a) Preparar uma série de até 10 padrões na faixa de concentração adequada à determinação dos teores de ferro das amostras. Transferir volumes de solução padrão, contendo massas definidas do metal para balões volumétricos de 50 mL, completar o volume com água destilada e verter para frascos erlenmeyer de 125 mL.

b) Zerar o instrumento a 510 nm com uma prova em branco constituída por água destilada tratada de modo idêntico aos padrões e amostras.

c) Usar a curva de calibração normal para, a partir das medidas de absorbância, obter as correspondentes concentrações.

Procedimento

- Verter 50 ml da amostra bem homogeneizada ou uma alíquota menor diluída para 50 mL, num frasco erlenmeyer de 125 mL;
- Adicionar 2 mL de ácido clorídrico concentrado e 1 mL de solução de hidroxilamina;
- Adicionar algumas pérolas de vidro e ferver em chapa térmica até que o volume tenha sido reduzido para 15 a 20 mL;
- No caso de amostra cujo resíduo tenha sido ignizado, removê-lo da cápsula com 5 mL de água e 2 mL de ácido clorídrico concentrado, transferir para um frasco erlenmeyer de 125 mL, elevar o volume para 50 mL com água destilada, adicionar 1 mL de solução de hidroxilamina e ferver até que o volume tenha sido reduzido para 15 a 20 mL;
- Resfriar para a temperatura ambiente e transferir para um balão volumétrico de capacidade compatível com o volume final requerido (por exemplo, 100 mL)
- Adicionar 10 mL da solução tampão de acetato de amônio e 4 mL da solução quelante de fenantrolina. Completar o volume com água, misturar e deixar por, pelo menos, 10 a 15 minutos para o desenvolvimento pleno da cor;
- Medir a absorvância a 510 nm;

Cálculo

$$\text{Fe (mg/L)} = C/VA$$

em que:

C = massa de ferro num volume final igual a 100 mL, µg;

VA = volume da amostra analisada, mL.

15. Determinação de oxigênio dissolvido

Existem dois métodos utilizados para a determinação do oxigênio dissolvido, no entanto, no presente, será apresentado somente o método iodométrico (Método de Winkler) – Modificação Azida.

Material

- ✓ Agitador magnético
- ✓ Frascos padrões de DBO de 300 mL ou com vidro aferido
- ✓ Pipetas sorológicas (1 e 10 mL)
- ✓ Bureta (50 mL)
- ✓ Frascos erlenmeyer (500 mL)
- ✓ Balões volumétricos (100 e 1000 mL)
- ✓ Frascos de solução de 1000 mL
- ✓ Balança analítica
- ✓ Sulfato de manganês

- ✓ Água destilada
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Hidróxido de sódio
- ✓ Hidróxido de potássio
- ✓ Azida sódio (NaN₃)
- ✓ Ácido salicílico (C₆H₄(OH)COOH)
- ✓ Iodeto de sódio
- ✓ Iodeto de potássio
- ✓ Iodato de potássio (KIO₃)
- ✓ Fluoreto de potássio (KF. 2H₂O)
- ✓ Bi-iodato de potássio (KH(IO₃)₂)
- ✓ Tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃.5H₂O)
- ✓ **Solução de sulfato manganoso:** dissolver 480 g de MnSO₄.4H₂O em água destilada, filtrar e diluir para um litro em água destilada. A solução de MnSO₄ não deve desenvolver cor com amido, quando adicionada a uma solução acidificada de iodeto de potássio, KI.
- ✓ **Solução de ácido sulfúrico 6 N:** diluir 167 mL de ácido sulfúrico concentrado em água destilada, deixar esfriar e completar o volume para um litro com água destilada.
- ✓ **Reagentes alkali-iodeto-azida**
 - a) Para amostras saturadas ou sub-saturadas: dissolver 500 g de hidróxido de sódio (ou 700 g de hidróxido de potássio) e 135 g de iodeto de sódio (ou 150 g de iodeto de potássio) em água destilada e diluir para um litro em água destilada. Esse reagente não deve desenvolver cor com solução de amido, quando diluído e acidificado;
 - b) Para amostras supersaturadas: dissolver 10 g de azida sódio em 500 mL de água destilada. Adicionar 480 g de hidróxido de sódio e 750 g de iodeto de sódio e mexer até dissolver. Aparecerá uma turbidez devida ao carbonato de sódio, porém não causará interferência.
- ✓ **Ácido sulfúrico concentrado:** 1 mL é equivalente a 3 mL do reagente alkali-iodeto-azida
- ✓ **Amido:** usar ou uma solução aquosa ou amido solúvel em pó. Para preparar a solução aquosa, dissolver 2 g de amido solúvel com grau de pureza para análise de laboratório e 0,2 g de ácido salicílico como preservante, em 100 mL de água destilada quente.
- ✓ **Solução padrão de tiosulfato de sódio (0,025N):** dissolver em água destilada 6,205 g de tiosulfato de sódio. Adicionar 1,5 mL de hidróxido de sódio 6N e diluir para 1000 mL em água destilada. Padronizar com solução padrão de bi-iodato.
- ✓ **Padronização:** dissolver aproximadamente 2 g de iodeto de potássio, livre de iodato, em um frasco erlenmeyer com 100 a 150 mL de água destilada. Adicionar 1 mL de ácido sulfúrico 6N e 20 mL da solução padrão de bi-iodato. Diluir para 200 mL em água destilada e titular o iodo liberado com o titulante tiosulfato, adicionando a solução de amido somente próximo do ponto final da titulação quando uma coloração amarela pálida for detectada. Continuar a titulação com tiosulfato de sódio até que a cor azul, característica da presença de iodo, mude para incolor.

Quando as soluções tiverem as mesmas concentrações, 20 mL de tiosulfato de sódio 0,025N serão gastos. Se não, ajustar a solução de tiosulfato para 0,025 N, ou por diluição em água destilada, quando a concentração for maior que 0,025 N, ou, caso contrário, por adição de cristais de tiosulfato de sódio. A estimativa da quantidade de água destilada ou de cristais de tiosulfato pode ser feita, a partir da concentração real obtida do ensaio de padronização, com base na relação de equivalência ($V \times N = V' \times N'$), isto é, o número de equivalentes-grama ($V \times N$) de bi-iodato, reage com igual número de equivalente-grama ($V' \times N'$) de tiosulfato. A solução de concentração corrigida deve ser repadronizada e a concentração recorrigida até atingir 0,025N.

- ✓ **Solução padrão de bi-iodato 0,025 N (0,0021M):** dissolver 812,4 mg de bi-iodato de potássio e diluir para um litro com água destilada. Alternativamente, substituir o reagente bi-iodato de potássio 0,025N por iodato de potássio de mesma concentração (pesar 0,892 g de iodato de potássio seco a 180 °C durante uma hora, dissolver e diluir para 1000 mL em água destilada).
- ✓ **Solução de fluoreto de potássio:** dissolver 40 g de fluoreto de potássio e diluir para 100 mL em água destilada.

Procedimento

- Coletar a amostra enchendo um frasco de DBO de volume conhecido (por exemplo, 300 mL). Adicionar 1 mL da solução de sulfato de manganês, seguido de 1 mL do reagente alkali-iodeto-azida;
- Tampar o frasco cuidadosamente para evitar formação de bolhas e misturar seu conteúdo com varias inversões do mesmo;
- Quando o precipitado tiver sedimentado suficientemente (aproximadamente metade do frasco), adicionar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se a amostra contiver ferro férrico em concentrações de 100 a 200 mg/L e se a titulação for realizada logo em seguida, adicionar 1 mL da solução de fluoreto de potássio e, só então, adicionar o ácido sulfúrico;
- Tampar e misturar, por inversão, diversas vezes, até se completar a dissolução do precipitado;
- Titular um volume correspondente a 200 mL da amostra original, após correção da diminuição relativa de seu volume devido a adição dos reagentes. Assim, como foram utilizados 2 mL de reagentes (1 mL de sulfato de manganês mais 1 mL do reagente alkali-iodeto-azida), devem ser titulados: $(200 \times 300)/(300 - 2) = 201$ mL, para frascos de 300 mL de volume. O volume de fluoreto de potássio, quando adicionado, deve também ser levado em conta nos cálculos;
- Titular com tiosulfato de sódio 0,025N, o volume da amostra original corrigido (201 mL), até a detecção da cor amarela pálida. Adicionar algumas gotas da solução de amido e continuar a titulação até desaparecer a cor azul. Caso a titulação passe do ponto final, retitular com solução de bi-iodato 0,0021 M, adicionada gota a gota, ou adicionar um volume medido da amostra tratada. Corrigir novamente a perda de amostra, devida a adição da solução de bi-iodato ou da amostra tratada. Desconsiderar subseqüentes reaparecimentos de azul devidos ao efeito catalítico do nitrito ou a traços de sais férricos que não tenham sido complexados com fluoreto.
- Exemplo de uma segunda correção de volume corrigido da amostra: se após a perda do ponto final da titulação do volume corrigido da amostra, ou seja neste caso 201 mL, forem adicionados 5 mL da solução de bi-iodato teremos:

$$\begin{array}{l} 201 \longrightarrow 201 - 5 \\ X \longrightarrow 200 \\ X = (200 \times 2001) / 196 = 205,10 = 205 \text{ mL} \end{array}$$

O novo volume a ser titulado será 205 mL correspondente a 200 mL da amostra original

Cálculo

Como 1 mL de tiosulfato de sodio 0,025 N é equivalente a 0,2 mg de oxigênio dissolvido, cada mL desta solução corresponderá a 1 mg de O_2/L se for titulado um volume equivalente a 200 mL da amostra original.

16. Determinação da demanda bioquímica do oxigênio (DBO)

O teste da DBO é essencialmente um bioensaio baseado na medida do oxigênio consumido por organismos vivos (na maioria bactérias), que utilizam a matéria orgânica presente nos despejos, sob condições padrões.

Material

- ✓ Incubadora ou banho de água
- ✓ Frascos padrões de DBO (250 – 300 mL)
- ✓ Pipetas sorológicas e/ou volumétricas de varias capacidades
- ✓ Balão volumétrico de 1000 mL
- ✓ Medidor de pH
- ✓ Medidor de Oxigênio
- ✓ Bastão de vidro
- ✓ Agitador magnético com hastes revestidas de teflon
- ✓ Béquer (250, 500 e 1000 mL)
- ✓ Sifão de látex de 7 a 10 mm de diâmetro interno
- ✓ Balança analítica
- ✓ Fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4)
- ✓ Fosfato de potássio dibásico (K_2HPO_4)
- ✓ Cloreto de amônia (NH_3Cl)
- ✓ Cloreto de cálcio ($CaCl_2$)
- ✓ Hidróxido de sódio (NOH)
- ✓ Cloreto ferrico ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$)
- ✓ Difosfato de sódio ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$)
- ✓ Sulfato de magnésio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)
- ✓ Água destilada

- ✓ **Solução Tampão de fosfato:** dissolver 8,5 g de fosfato de potássio monobásico, 21,75g de fosfato de potássio dibásico, 33,4 g de difosfato de sódio e 1,7g de cloreto de amônia em aproximadamente 500 mL de água destilada previamente fervida e resfriada e diluir para um litro em água destilada. O pH desta solução deve ser igual a 7,2.
- ✓ **Solução de sulfato de magnésio:** dissolver 22,5 g de sulfato de magnésio e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Solução de cloreto de cálcio:** dissolver 27,5 g de cloreto de cálcio e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Solução de cloreto férrico:** dissolver 0,25 g de cloreto férrico e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Solução de hidróxido de sódio:** dissolver 40 g de hidróxido de sódio em aproximadamente 200 mL de água, deixar esfriar e diluir para um litro de água destilada.

Procedimento

➤ Preparação da água de diluição

A água de diluição utilizada no teste de DBO₅ é constituída de água destilada acondicionada previamente a 20 °C (o que se consegue mantendo-se na incubadora de DBO), saturada de oxigênio dissolvido (insuflar ar, livre de matéria orgânica, com um difusor com filtro de ar) e adicionada das seguintes soluções na razão de 1 mL de cada uma por cada litro de água destilada.

- a) solução tampão de fosfato
- b) solução de sulfato de magnésio
- c) solução de cloreto de cálcio
- d) solução de cloreto férrico

➤ Pré-tratamento das amostras

Os pré-tratamentos mais comuns aplicados às amostras que vão ser submetidas ao teste da DBO₅, são as correções do pH e das concentrações de oxigênio dissolvido. No caso do pH é recomendável que as amostras com alcalinidade ou acidez cáusticas, sejam neutralizadas (pH entre 6,5 e 7,5) ou com solução de H₂SO₄ 1N ou com solução de NaOH 1 N conforme apropriado.

Amostras supersaturadas de oxigênio dissolvido devem ter suas concentrações reduzidas por agitação, de modo a evitar perda de oxigênio no momento da incubação.

➤ Seqüência de execução do método

- a) pipetar volumes pré-determinados das amostras, bem homogeneizadas (usando bastão de vidro ou, preferencialmente, agitador magnético) em frascos de DBO;
- b) completar o volume do frasco com água de diluição, por sifonamento;
- c) tampar os frascos hermeticamente e colocar o selo hídrico (encher, com água destilada o espaço entre as paredes da boca e a tampa do frasco de DBO);

- d) incubar os frascos a 20 °C durante 5 dias no escuro;
- e) determinar as concentrações de oxigênio das amostras brutas;
- f) incubar também provas em branco constituídas somente de água de diluição;
- g) completar diariamente o selo hídrico dos frascos de DBO incubado com água destilada, durante todo o período de incubação;
- h) completado o período de incubação, determinar as concentrações residuais de oxigênio dissolvido das amostras diluídas e das provas em branco.

Cálculo da DBO₅

$$DBO_5 (mgO_2 / L) = (OD_b - OD_i) \left(\frac{VF}{VA} \right) - (OD_b - OD_a)$$

em que,

OD_b = oxigênio dissolvido da prova em branco após incubação durante 5 dias a 20 °C, mg O₂/L

OD_i = oxigênio dissolvido da amostra diluída após incubação durante 5 dias a 20 °C, mg O₂/L

OD_a = oxigênio dissolvido da amostra bruta, medido na ocasião da incubação, mg O₂/L

VF = volume do frasco de DBO, mL

VA = volume da amostra, mL

17. Determinação de sólidos suspensos

Material

- ✓ Bomba de vácuo
- ✓ Forno mufla
- ✓ Estufa
- ✓ Dessecador
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Equipamento de filtração
- ✓ Proveta de 100 mL
- ✓ Frasco cônico de filtração
- ✓ Pipetas volumétricas
- ✓ Discos de papel de filtro que suportam temperaturas (500 °C) sem se decompor (fibra de vidro), com diâmetro compatível com a base do funil de filtração
- ✓ Balança analítica

- Preparação do filtro de fibra de vidro: colocar no equipamento de filtração o disco de filtro com a face enrugada voltada para cima. Aplicar vácuo e lavar o filtro três vezes, utilizando, a cada vez, 20 mL de água destilada. Continuar a sucção até remover todos os vestígios de água do filtro. Decantar o filtrado. Remover o filtro do equipamento de filtração e transferi-lo para um suporte inerte evitando que o filtro grude no suporte. Secar na estufa a 103-105 °C durante uma hora. Se as frações fixa e volátil tiverem que ser determinadas ignizar o filtro no forno-mufla a 500 °C, durante 15 minutos. Esfriar em um dessecador e pesar.
- Montar o equipamento de filtração, colocando o filtro previamente tratado e pesado (D) sobre a base do funil e iniciar a sucção com a bomba de vácuo. Molhar o filtro com uma pequena quantidade de água destilada, para assentá-lo na base. Homogeneizar a amostra com um agitador magnético, medir um determinado volume (VA) com uma pipeta ou uma proveta e filtrar completamente, a vácuo, através do equipamento de filtração. Lavar três vezes, consecutivamente, com porções de 10 mL de água destilada permitindo completa drenagem após cada lavagem e continuar a sucção durante cerca de 3 minutos após completar a filtração. Remover cuidadosamente o filtro do equipamento de filtração e transferir para um suporte de alumínio ou aço inoxidável. Secar na estufa por, pelo menos, uma hora entre 103 a 105 °C, esfriar em um dessecador e pesar (E). Ignizar o filtro com o resíduo em uma mufla a 500 °C, esfriar no dessecador e pesar (F). A ignição é feita aquecendo-se previamente o forno à temperatura de 500 °C, para em seguida, introduzir os filtros. Geralmente 15 a 20 minutos de ignição são suficientes para trazer um resíduo de cerca de 200 mg para peso constante. Deixar o filtro esfriar parcialmente ao ar livre, até que a maior patê do calor tenha sido dissipada. Transferir para um dessecador, para o esfriamento final em uma atmosfera seca. Pesar o filtro tão logo ele esfrie. Quando necessário, repetir o ciclo, ignição, esfriamento, dessecação e pesagem, até que um peso constante, em dois ciclos sucessivos, seja conseguido ou até que a diferença de peso seja menor do que 4% do peso anterior, ou 0,5 mg, prevalecendo a menor dessas diferenças. Determinações realizadas em duplicata devem apresentar valores que podem variar em até 5% da média aritmética das mesmas.

Cálculos

As relações envolvidas entre os diversos pesos são as seguintes:

$$\text{SST (Sólidos Suspensos Totais - mg/L)} = \frac{1000(E - D)}{VA/1000}$$

$$\text{SSV (Sólidos Suspensos Voláteis - mg/L)} = \frac{1000(E - F)}{VA/1000}$$

$$\text{SSF (Sólidos Suspensos Fixos - mg/L)} = \frac{1000(F - D)}{VA/1000}$$

em que,

- D = peso do papel de filtro tratado, g
- E = peso do papel de filtro após filtração da amostra e secagem, g
- F = peso do papel de filtro após ignição, g
- VA = volume da amostra, mL

18. Determinação de nitrogênio amoniacal dissolvido total

Método macro-Kjeldahl

Material

- ✓ Espectrofotômetro (comprimento de onda 450 nm)
- ✓ Frascos erlenmeyer de 125 mL
- ✓ Pipetas sorológicas e/ou volumétricas de 1 e 25 mL, respectivamente
- ✓ Balão volumétrico de 1000 mL
- ✓ Medidor de pH
- ✓ Aparelho macro-Kjeldahl
- ✓ Frascos Kjeldahl de 800 mL
- ✓ Provetas (50 e 100 mL)
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Béquer (200 e 500 mL)
- ✓ Pérolas de vidro.
- ✓ Cubetas com 10mm de espaço interno;
- ✓ Balança analítica
- ✓ Água destilada
- ✓ **Solução tampão de borato:** adicionar 88 mL de hidróxido de sódio 0,1N em 500 mL de solução 0,025M de Na₂B₄O₇ (borato de sódio) e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 6N:** dissolver 240 g de NaOH em cerca de 400 mL de água destilada, deixar esfriar e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Solução de hidróxido de sódio (NaOH) 4N:** dissolver 160 g de NaOH em cerca de 400 mL de água destilada, deixar esfriar e diluir para um litro em água destilada.
- ✓ **Reagente Nessler:** dissolver 100 g de HgI₂ e 70 g de KI numa pequena quantidade de água destilada e adicionar esta mistura lentamente, com agitação, a uma solução fria de 160 g de hidróxido de sódio dissolvidos em 500 mL de água destilada. Diluir para um litro em água destilada. Esta solução deve ser guardada em frasco de borossilicato, tampado com rolha de borracha e ao abrigo da luz, para ser mantida a estabilidade do reagente, durante até um ano, em condições normais de laboratório.

Procedimento

- Preparação do equipamento: tomar 500 mL de água destilada e acrescentar 20 mL de solução tampão de borato. Ajustar o pH para 9,5 com solução de hidróxido de sódio 6N. Proceder a destilação.
- Determinação do nitrogênio amoniacal N-NH₃ (destilação de amônia): adicionar a uma amostra com 250 mL de volume, 25 mL de solução tampão de borato e corrigir o pH para 9,5 com hidróxido de sódio 6N. Colocar 3 pérolas de vidro e destilar

aproximadamente 200 mL. Recolher o destilado abaixo da superfície de 50 mL da solução absorvente, mergulhando a extremidade da mangueira condutora do destilado na solução absorvente. Ajustar o volume para 250 mL com água destilada.

- Colorimetria (nesslerização): tomar 50 mL do destilado, ou porção diluída para 50 mL. Adicionar 1 mL de hidróxido de sódio 4N, seguido de 1 mL do reagente de Nessler. Agitar e aguardar pelo menos 10 minutos antes de proceder à leitura em 450 nm.

Observação: para a calibração do espectrofotômetro, utilizar uma prova em branco (água destilada) que tenha sido submetida ao mesmo tratamento analítico das amostras de água a serem analisadas.

Cálculo

Obter a concentração das amostras diretamente da curva de calibração, expressando o resultado em mg N/L, ou utilizar o método dos mínimos quadrados para ajustar os dados dos padrões a uma linha reta. Levar em consideração eventual fator de diluição.

19. Determinação de nitrito dissolvido

- ✓ Soluções NTI-S1; NTI-S2
- ✓ Equipamento Smart
- ✓ Faixa de leitura: 0,002 a 0,25 mg/L de N-NO₂
- ✓ Comprimento de onda: 530 nm

Procedimento

- Colocar 10 mL de amostra na cubeta (até a marca da cubeta)
- Adicionar 4 gotas de NTI-S1 e agitar
- Aguardar 5 minutos
- Adicionar 4 gotas de NTI-S2, agitar e aguardar 10 minutos
- Colocar no Smart e realizar a leitura

Cálculo

Os resultados são expressos em mg/L de NO₂⁻. Para converter o valor lido no aparelho Smart de N-NO₂ para NO₂⁻ multiplique o resultado por 3,2845.

20. Determinação de nitrato dissolvido

Material

- ✓ Soluções NTA-S1; NTA-S2; NTA-S3; NTA-S4
- ✓ Equipamento Smart

- ✓ Faixa de leitura: 0,30 a 2,0 mg/L de N-NO₃
- ✓ Comprimento de onda: 530 nm

Procedimento

- Colocar 10 mL de amostra na cubeta (até a marca da cubeta)
- Adicionar 4 gotas de NTA-S1 e agitar
- Adicionar 2 gotas de NTA-S2 e agitar
- Aguardar 5 minutos
- Adicionar 5 gotas de NTA-S3, agitar e aguardar 5 minutos
- Adicionar 4 gotas de NTA-S4, agitar vigorosamente e aguardar 15 minutos
- Colocar no Smart e realizar a leitura

Cálculo

Os resultados são expressos em mg/L de NO₃⁻. Para converter o valor lido no aparelho Smart de N-NO₃ para NO₃⁻ multiplique o resultado por 4,429.

21. Determinação de ortofosfato solúvel

Método do ácido ascórbico

Material

- ✓ Colorímetro.
- ✓ Cuvetas com espaço interno de 10 mm ou maior.
- ✓ Bomba a vácuo.
- ✓ Frasco erlenmeyer de 125 mL.
- ✓ Frasco de filtração (1000 a 2000 mL)
- ✓ Pipetas sorológicas de 5 e 10 mL.
- ✓ Funil para filtração.
- ✓ Balão volumétrico de 50, 100 e 1000 mL.
- ✓ Frascos de solução.
- ✓ Filtro de fibra de vidro.
- ✓ Membrana de filtração.
- ✓ Proveta de 50 mL.
- ✓ Bastão de vidro.
- ✓ Balança analítica.
- ✓ **Solução de ácido sulfúrico 5 N:** adicionar, lentamente e com agitação 140 mL de ácido sulfúrico concentrado a um pouco de água destilada, esfriar e completar o volume para um litro com água destilada.
- ✓ **Solução de tartarato de antimônio e potássio:** dissolver em 400 mL de água destilada 1,3715 g de K(SbO)C₄H₄O₆·1/2H₂O e completar o volume para 500 mL com água destilada. Guardar em recipiente inteiramente de vidro (frasco e tampa).

- ✓ **Solução de molibdato de amônio:** dissolver 20 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ em 500 mL de água destilada. Guardar em recipiente inteiramente de vidro (frasco e tampa).
- ✓ **Solução de ácido ascórbico 0,01M:** dissolver 8,80 g de ácido ascórbico em 500 mL de água destilada. A solução é estável por uma semana a 4 °C.
- ✓ **Solução estoque de fosfato:** dissolver 219,5 mg de KH_2PO_4 em água destilada e diluir para um litro em água destilada. 1,00 mL desta solução = 50,0 μg P-PO_4^{3-} .
- ✓ **Preparação do reagente combinado:** para 100 mL de reagente combinado, misturar 50 mL da solução H_2SO_4 5N, 5 mL da solução de tartarato de antimônio e potássio, 15 mL da solução de molibdato de amônio e 30 mL da solução de ácido ascórbico. Misturar bem após a adição de cada solução. Deixar as soluções atingirem a temperatura ambiente antes de serem misturadas e misturar na ordem acima mencionada. Este reagente é estável por 4 horas.
- ✓ **Solução indicadora de fenolftaleína:** dissolver 5 g do sal de fenolftaleína e diluir para 1000 mL em água destilada.

Procedimento

- Preparação da amostra: filtrar a amostra em filtro de fibra de vidro e, em seguida, em membrana de filtração 0,45 μm ;
- Medir 50 mL da amostra filtrada ou preparar uma diluição da mesma com um volume final de 50 mL. Geralmente são utilizados 5 mL da amostra filtrada diluídos inicialmente para 25 mL com água destilada. Adicionar uma gota do indicador fenolftaleína. Se for desenvolvida uma coloração rósea característica do indicador em meio básico, neutralizar com H_2SO_4 5N, adicionando gota a gota, até o desaparecimento da referida coloração. Completar para 50 mL com água destilada usando um balão volumétrico e despejar num frasco erlenmeyer de 125 mL;
- Adicionar 8 mL do reagente combinado;
- Ler a concentração no colorímetro. Essa leitura deve ser feita entre 10 e 30 minutos após a adição do reagente combinado.

Preparação dos padrões

- a) Tomar 12 mL da solução estoque de fosfato e diluir para 100 mL com água destilada. Esta solução terá 600 μg de P-PO_4^{3-} em 100 mL o que corresponde a 6 mg de $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$;
- b) Tomar 50 mL da solução anterior e diluir para 100 mL com água destilada. Teor de $\text{P-PO}_4^{3-} = 3 \text{ mg/L}$;
- c) Diluir 50 mL da solução anterior com igual volume de água destilada. Teor de $\text{P-PO}_4^{3-} = 1,5 \text{ mg/L}$;
- d) Preparar uma prova em branco consistindo de 50 mL de água destilada neutra e adicionar 8 mL do reagente combinado;
- e) Tomar 5 mL de cada padrão (a, b e c), diluir, neutralizar e completar com água destilada para um volume de 50 mL. Adicionar 8 mL do reagente combinado.

Calibração do colorímetro

- a) Usar a prova em branco para o ajuste no ponto 0,0;
- b) Com a solução correspondente a 6 mg de $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$ na cuveta, ajustar o aparelho na posição 1
- c) Para verificar a exatidão do aparelho, utilizar as soluções citadas anteriormente de $\text{P-PO}_4^{3-} = 3 \text{ mg/L}$ e $\text{P-PO}_4^{3-} = 1,5 \text{ mg/L}$, para as quais o mesmo deveria medir 3 e 1,5 mg/L, respectivamente.

Cálculo

Após a calibração do colorímetro, ler o valor medido no mesmo para a amostra. Considerar cada décimo da escala igual a 0,6 mg P/L

22. Determinação de silicatos

Matéria

- ✓ Soluções SI-S1; SI-S2
- ✓ Equipamento Smart
- ✓ Faixa de leitura: 0 a 30 mg/L de SiO_2
- ✓ Comprimento de onda: 420 nm

Procedimento

- Se a amostra estiver turva, filtrar de 15 a 20 mL de amostra;
- Colocar 10 mL de amostra filtrada na cubeta (se a amostra original for límpida não é necessário filtrar);
- Adicionar 20 gotas de SI-S1, agitar e aguardar 5 minutos;
- Adicionar 4 gotas de SI-S2, agitar e aguardar 1 minuto;
- Colocar a cubeta no Smart e realizar a leitura

Cálculo

Os resultados são expressos em mg/L de SiO_2 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Merten, G.H.; Minella, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, 2002.

Maia Neto, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. A Água em Revista. Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

Silva, S.A.; Oliveira, R. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: Os autores, 2001. 266p.

Santos, N.F.M.; Iaria, S.T.; Branco, S.M.; Branco, W.C. Processos Simplificados para Exame e Análise da Água. Tradução do Manual Simplificado para Laboratório da A.W.W.A. (M-12). São Paulo: USP, 1970. 276.

Sawyer, C.N.; McCarty, P.L. Chemistry for environmental engineering. 3. ed. McGraw-Hill Book Company. 1978. 532p.



(83) 2102-4400

contato@graficaagenda.com.br

www.graficaagenda.com.br

Felipe Almeida
Consultoria em Design

Rua Antônio Bezerra Paz, 97 - Rodocampi
58299-210 - Campina Grande - PB
(83) 3333-1371 / 9975-9587
ufelipe@gmail.com