

POLUIÇÃO HIDRICA: CAUSAS E CONSEQUENCIAS.

Régis da Silva Pereira

Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSUL) - Campus Pelotas

regis@pelotas.ifsul.edu.br ou regissp@vetorial.net

SUMMARY: The economical and population growth and the development of the urban and industrial activities cause several problems related to the water quality. In general, the sources of water pollution are domestic sewers, industrial spillings, drainage of urban areas, etc. Each pollution source has their own characteristics and implications in the water quality. This work presents the main water pollution sources, their characteristics and effects in water quality, as well as the maximum concentration established in Brazil. The Brazilian environmental laws are considered very good, but its application is very deficient causing the decrease of their water resources.

INTRODUÇÃO

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas. Fator este, desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento.

A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor.

A poluição pode ter origem química, física ou biológica, sendo que em geral a adição de um tipo destes poluentes altera também as outras características da água. Desta forma, o conhecimento das interações entre estas interações é de extrema importância para que se possa lidar da melhor forma possível com as fontes de poluição.

Em geral, As conseqüências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água. Para a definição de limites de concentrações de cada poluente o CONAMA dividiu os sistemas hídricos em 13 classes de acordo com o tipo e usos de suas águas. Esta classificação denominada como enquadramento, e a definição das concentrações dos despejos para cada classe tem suas limitações, porém é um ponto de referência para a fiscalização e gerenciamento dos recursos hídricos. O trabalho a seguir tem como objetivo dar uma idéia do que são e quais são as principais fontes de poluição hídrica, usos da água, limites ambientais de poluentes e da classificação dos corpos d'água realizada pelo CONAMA.

FONTES DE POLUIÇÃO

De forma genérica, a poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas do corpo d'água de uma maneira tal, que prejudique a utilização das suas águas para usos benéficos. Torna-se importante ressaltar a existência dos seguintes tipos de fontes de poluição (Tucci, 1998): atmosféricas, pontuais, difusas e mistas.

As fontes de poluição atmosférica são classificadas em **fixas** (principalmente indústrias) e **móveis** (veículos automotores, trens, aviões, navios, etc.). Quanto aos fatores que causam a poluição dividem-se (Santos, 2002): **naturais** que são aqueles que têm causas nas forças da natureza, como tempestades de areia, queimadas provocadas por raios e as atividades vulcânicas; e **artificiais** que são aqueles causados pela atividade do homem, como a emissão de gases de automóveis, queima de combustíveis fósseis em geral, materiais radioativos, queimadas, etc. A poluição atmosférica é a que possui efeitos mais globais, devido a maior facilidade de dispersão dos poluentes envolvidos neste tipo de poluição, já que em geral são emissões de gases e particulados a temperaturas da ordem de centenas de °C e velocidades que podem atingir dezenas de m.s⁻¹ (Poluição, 2003)

A segunda, denominada fonte ou poluição pontual, refere-se àquelas onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, as emissões ocorrem de forma controlada, podendo-se identificar um padrão médio de lançamento. Geralmente a quantidade e composição dos lançamentos não sofrem grandes variações ao longo do tempo (Mierzwa, 2001). Exemplos típicos de fontes pontuais de poluição são as indústrias e estações de tratamento de esgotos.

A poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição. Por esse motivo o seu controle é bastante difícil em comparação com a poluição pontual (Mierzwa, 2001). Exemplos típicos de poluição difusa são os lançamentos das drenagens urbanas, escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas e acidentes com produtos químicos ou combustíveis. As fontes mistas são aquelas que englobam características de cada uma das fontes anteriormente descritas.

Cada uma das fontes de poluição citadas determinam um certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, que é mensurado através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas (físicos, químicos e biológicos). De uma maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água), gases e temperatura. As características químicas, nos

aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas e as biológicas sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares.

Poluição Química

Dois tipos de poluentes caracterizam a poluição química:

a) biodegradáveis: são produtos químicos que ao final de um tempo, são decompostos pela ação de bactérias. São exemplos de poluentes biodegradáveis os detergentes, inseticidas, fertilizantes, petróleo, etc.

b) persistentes: são produtos químicos que se mantém por longo tempo no meio ambiente e nos organismos vivos. Estes poluentes podem causar graves problemas como a contaminação de alimentos, peixes e crustáceos. São exemplos de poluentes persistentes o DDT (diclodifenitricloroetano), o mercúrio, etc.

Poluição Física

Denomina-se poluição física aquela que altera as características físicas da água, as principais são: poluição térmica e poluição por sólidos.

a) poluição térmica: decorre do lançamento nos rios da água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoeletricas.

b) poluição por resíduos sólidos: podem ser sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos. Em geral esses sólidos podem ser provenientes de ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, provenientes de esgotos industriais e domésticos e da erosão de solos carregados pelas chuvas ou erosão das margens.

Poluição biológica

A água pode ser infectada por organismos patogênicos, existentes nos esgotos. Assim, ela pode conter:

a) bactérias: provocam infecções intestinais epidêmicas e endêmicas (febre tifóide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose);

b) vírus: provocam hepatites e infecções nos olhos;

c) protozoários: responsáveis pelas amebias e giardiasis;

d) vermes: esquistossomose e outras infestações.

A seguir serão caracterizados os poluentes característicos de cada fonte de poluição, assim como as diferentes implicações nos corpos d'água sob sua influência.

CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO

Cada atividade emite poluentes característicos, e cada um destes contaminantes causa um efeito, com diferentes graus de poluição, conforme pode-se observar na Tabela 1. A seguir serão listadas diversas atividades potencialmente geradoras de poluição dos sistemas hídricos em geral, e identificados os principais poluentes emitidos e seus efeitos no ambiente onde são lançados.

Esgoto doméstico

As águas que compõem o esgoto doméstico, compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários.

Os esgotos domésticos são constituídos, primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais (Benetti e Bidone, 1995).

Um exemplo típico de poluição por esgoto doméstico é a deterioração da qualidade das águas da represa Billings situada na região sul da grande São Paulo, para a geração de energia. Para isso reverteu-se o rio Pinheiros, jogando as águas do rio Tietê na represa Billings. Isso permitiu aumentar a vazão regulável da represa. Entretanto, os rios Pinheiros e o Tietê recebem o esgoto de toda grande São Paulo. Essa poluição praticamente acabou com toda atividade de recreação da represa (Scaramuccini et al., 1995).

Tabela 1: Características das fontes de poluição (FONTE: Tucci, 1998).

Fontes	Bactéria	Nutrientes	Pesticidas/ Herbicidas	Micropoluentes Orgânicos Industriais	Óleos e Graxa
Atmosfera		1	3-G	3-G	
Fontes Pontuais					
Esgoto doméstico	3	3	1	3	
Esgoto industrial		1		3-G	2
Fontes Difusas					
Agrícolas	2	3	3-G		
Dragagem		1	2	3	1
Navegação e portos	1	1		1	3
Fontes Mistas					
Escoamento Urbano e depósitos de lixo	2	2	2	2	2
Depósitos de cargas industriais		1	1	3	1

(1) Fonte de significância local; (2) de moderada significância local/regional; (3) de significância regional; (G) de significância global.

Depósitos de lixo

Os depósitos de lixo possuem resíduos sólidos de atividades domésticas, hospitalares, industriais e agrícolas. A composição do lixo depende de fatores como nível educacional, poder aquisitivo, hábitos e costumes da população.

Entre os principais impactos nos sistemas hídricos está o acúmulo deste material sólido em galerias e dutos, impedindo o escoamento do esgoto pluvial e cloacal. Pode-se ainda citar que a decomposição do lixo, produz um líquido altamente poluído e contaminado denominado chorume. Em caso de má disposição dos rejeitos, o chorume atinge os mananciais subterrâneos e superficiais. Este líquido contém concentração de material orgânico equivalente a uma escala de 30 a 100 vezes o esgoto sanitário, além de microorganismos patogênicos e metais pesados (Benetti e Bidone, 1995).

Mineração

Os impactos sobre os recursos hídricos da atividade de mineração dependem da substância mineral que está sendo beneficiada. Segundo Farias (2002), o beneficiamento do ouro tem como principal impacto a contaminação das águas por mercúrio.

Já a extração de chumbo, zinco e prata gera rejeitos ricos em arsênio, como foi observado por Wai e Mok (1985) no Distrito de Couer D'Alene, um dos maiores produtores desses metais dos Estados Unidos. A atividade de mineração desses metais fez com que as águas dos rios onde eram dispostos os resíduos se tornassem mais ácidas que o normal. Mesmo resultado obtido por Ashton et al. (2001) em Zambezi, África do Sul.

A mineração do carvão tem como impacto a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem de águas ácidas proveniente de antigos depósitos de rejeitos. A produção de agregados para construção civil tem como impacto a geração de areia e aumento da turbidez (Farias, 2002).

Além desses fatores que são específicos para cada mineral beneficiado, ainda existem impactos comuns, como: construção de barragens, desmatamento e desencadeamento de processos erosivos.

Agricultura

Os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Os defensivos químicos empregados no controle de pragas são pouco específicos, destruindo indiferentemente espécies nocivas e úteis. Existem praguicidas extremamente tóxicos, mas instáveis, eles podem causar danos imediatos, mas não causam poluição a longo prazo. Um dos problemas do uso dos praguicidas é o acúmulo ao longo das cadeias alimentares. Os inseticidas quando usados de forma indevida, acumulam-se no solo, os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo

de contaminação. Com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos pesticidas infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos e acabam escorrendo para os rios continuando a contaminação.

O desenvolvimento da agricultura também tem contribuído para a poluição do solo e das águas. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em quantidades abusivas nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas. O uso indiscriminado e descontrolado do DDT fez com que o leite humano, em algumas regiões dos EUA, chegasse a apresentar mais inseticida do que o permitido por lei no leite de vaca (Moreira, 2002). O DDT, além de outros inseticidas e poluentes, possui a capacidade de se concentrar em organismos. Ostras, por exemplo, que obtêm alimento por filtração da água, podem acumular quantidades enormes de inseticida em seus corpos (Baumgarten et al., 1996).

Indústrias

As águas residuárias industriais apresentam uma grande variação tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção. Originam-se em três pontos:

a) águas sanitárias: efluentes de banheiro e cozinhas;

b) águas de refrigeração: água utilizada para resfriamento;

c) águas de processos: águas que têm contato direto com a matéria-prima do produto processado.

As características das águas sanitárias são as mesmas dos esgotos domésticos. Já as águas de resfriamento possuem dois impactos importantes que devem ser destacados.

O primeiro é a poluição térmica, pois para os seres vivos, os efeitos da temperatura dizem respeito à aceleração do metabolismo, ou seja, das atividades químicas que ocorrem nas células. A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, na aceleração do ritmo respiratório. Por outro lado, tais necessidades respiratórias ficam comprometidas, porque a hemoglobina tem pouca afinidade com o oxigênio aquecido. Combinada e reforçada com outras formas de poluição ela pode empobrecer o ambiente de forma imprevisível (Mierzwa, 2001). Estes mesmos impactos são observados devido aos efluentes de usinas termoeletricas.

Em segundo lugar é que as águas de refrigeração são fontes potenciais de cromo, as quais são responsáveis por parte das altas concentrações de cromo hexavalente na região norte da Lagoa dos Patos, que recebe as águas do pólo industrial (Pereira, 2003b).

As águas de processo têm características próprias do produto que está sendo manufaturado. A seguir serão avaliados alguns tipos de indústrias.

Fertilizantes: os principais poluentes desta indústria são o nitrogênio e o fósforo, que são nutrientes para as plantas aquáticas, especialmente para as algas, que pode acarretar a eutrofização (fenômeno pelo qual a água é acrescida, principalmente por compostos nitrogenados e fosforados). Ocorre pelo depósito de fertilizantes utilizados na agricultura, ou de lixo e esgotos domésticos, além de resíduos industriais. Isso promove o desenvolvimento de uma superpopulação de vegetais oportunistas e de microorganismos decompositores que consomem o oxigênio, acarretando a morte das espécies aeróbicas. Quando morrem por asfixia, então, a água passa a ter uma presença predominante de seres anaeróbicos, que produzem ácido sulfídrico.

Tal fenômeno foi observado por Yunes et al. (1996) na Lagoa dos Patos, onde foi percebido a presença de “tapete” verde de algas na superfície da lagoa. Baumgarten em vários dos seus trabalhos (1993; 1995; 1998), identificou que as águas que margeiam a cidade do Rio Grande possuíam concentrações de nitrogênio e fósforo bem acima dos valores normais, e que as principais fontes são as indústrias de fertilizantes que lançam seus efluentes às margens da Lagoa dos Patos.

Entretanto, o crescimento das algas não leva apenas à competição por oxigênio dissolvido. Na maioria das vezes, no florescimento de algas, apenas algumas espécies dominam a comunidade do fitoplâncton, sendo estas algas geralmente pertencentes a divisão Cyanophyta. Dentre estas, algumas espécies são tóxicas, como *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides* e espécies do gênero *Cilindrospermopsis* (Eler et al., 2001). O efeito da toxicidade de algas (além de um efeito físico) foi observado em 1998 (observação in loco), em um sistema de cultivo no município de Descalvado (SP), onde um produtor perdeu 6 toneladas de peixes após adição excessiva de alimento. Examinando-se os peixes, observou-se grandes filamentos de *Anabaena spiroides* nas brânquias dos peixes, o que, possivelmente, impediu as trocas gasosas. Associadas a *Anabaena spiroides*, constatou-se também *Microcystis aeruginosa*. Avaliando-se a densidade de algas presente no sistema, obteve-se uma densidade superior a 6×10^6 org/L na água, em pH acima de 7,0 (Eler et al., 2001). De acordo com a literatura estas espécies são potencialmente tóxicas, tendo sido notificadas grandes mortandades de peixes após ingestão de *Anabaena* e *Microcystis* pelos peixes (Herman e Meyer, 1990).

Refinarias: os efluentes da indústria de refino de petróleo e seus derivados têm como principal característica se espalhar sobre a água, formando uma camada que impede as trocas gasosas e a passagem da luz (Figura 1). Isso provoca a asfixia dos animais e impossibilita a realização da fotossíntese por parte dos vegetais e do plâncton.

Uma das áreas contaminadas por resíduos de petróleo é a área ocupada pela Refinaria Presidente Arthur Bernardes da Petrobrás, em Cubatão, no litoral paulista, que está contaminada por resíduos tóxicos e cancerígenos

que podem ter sido enterrados no local durante anos de forma inadequada, pela empresa. Há risco das substâncias terem contaminado lençóis freáticos, rios, manguezais e o estuário de Santos - uma das áreas de pesca da Baixada Santista (Souza, 2002).



Figura 1: Derramamento de óleo no Alaska (Exxon Valdez)

Curtume: na indústria de beneficiamento do couro, os principais poluentes são o cromo utilizado durante o curtimento do couro e a borra de tinta residual da fase de tingimento do couro, como observado em Tapera - RS, onde Pieniz e Neumann (2001) avaliou os custos ambientais do curtume Mombelli e identificou que os processos de lavagem, curtimento e tingimento são os mais prejudiciais ao ambiente.

Celulose: entre os poluentes da indústria de papel estão a matéria orgânica e os compostos organoclorados que não são biodegradáveis e podem ser incorporados à cadeia alimentar e serem tóxicos aos organismos vivos quando ultrapassam determinadas concentrações. Na maioria dos casos, estes compostos químicos não são detectados nas análises químicas comuns da água, mas são acumulados pelos moluscos bivalves e detectados nos seus tecidos, ou seja, devem ser utilizados bioindicadores para detectá-los. Um exemplo típico da poluição das águas pela indústria de celulose é o caso da indústria Cenibra localizada na bacia do Piracicaba, que devido à toxicidade dos seus efluentes organoclorados, seus lançamentos tiveram que ser diminuídos em 37% de 1999 para 2001 (Braga et al., 2003).

Siderúrgica e Metalúrgica: do processo de produção dessas indústrias e da tecnologia utilizada, decorre uma ampla variedade de substâncias que podem ser liberadas em seus efluentes entre elas estão os sólidos em suspensão, fenóis, cianetos, amônia, fluoretos, óleos e graxas, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e metais pesados. Dentre essas

substâncias, os metais pesados merecem atenção especial, conforme vem sendo tratado nos estudos e nas pesquisas divulgadas nos últimos anos.

Um estudo realizado nas siderúrgicas Belo-Mineira, Usiminas e Acesita na bacia do Piracicaba mostra que apesar das empresas possuírem certificação ISO 14001, suas emissões de efluentes hídricos permanecem em níveis altos (Braga et al., 2003).

Pesqueira: o efluente da indústria processadora de pescado se caracteriza pelas altas concentrações de nitrogênio total, gordura e sólidos totais, e matéria orgânica (Saraiva, 2003).

Na tabela 2 são resumidos os efluentes de outras atividades industriais potencialmente poluidoras.

Navegação

A atividade de navegação pode trazer prejuízos aos sistemas hídricos das seguintes formas: vazamentos durante o transporte, lavagem dos tanques e acidentes.

Os acidentes podem trazer muitos danos ao ambiente, pois em geral são liberadas grandes quantidades de contaminantes. Como exemplo de grande acidente com embarcações é o acidente com o navio tanque Bahamas no porto de Rio Grande (Pereira e Niencheski, 2003; Mirlean, et al. 2001; Niencheski, et al. 2001; Fernandes e Niencheski, 1998), onde 12000 toneladas de ácido sulfúrico tiveram que ser descarregadas no estuário da Lagoa dos Patos.

Outra fonte de contaminação identificada por Rosa (2002) é a tinta antiferrugem utilizada nas embarcações, que possuem óxidos de cobre na sua composição e que contribuem para as concentrações mais altas na região do porto de Rio Grande.

Tabela 2: Caracterização de águas residuárias de alguns ramos industriais.

Ramo industrial	Efluentes
Têxtil	Acido e álcalis, cor, material em suspensão, óleos e graxas.
Óleos vegetais	Matéria orgânica, nutriente, material em suspensão, óleos e graxas.
Matadouros	Material em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, cor e microorganismos.
Galvanoplastia	Metais pesados, cianetos, acidez, material em suspensão e dissolvido.

Queima de combustíveis fósseis

Em geral as principais fontes de poluição atmosférica são unidades industriais e veículos, que lançam no ar poluentes nas mais diversas formas: material

particulado, gases e vapores resultantes de reações e queima de resíduos dos processos (Tabela 3). Entre as conseqüências da queima de combustíveis fósseis estão a chuva ácida e o efeito estufa.

A queima de combustíveis fósseis, produz gás carbônico, formas oxidadas de carbono, nitrogênio e enxofre (Santos, 2002). O dióxido de enxofre e o óxido de nitrogênio em contato com a água da chuva transformam-se em ácido sulfúrico e ácido nítrico, respectivamente. Estes ácidos contidos nas gotículas de chuva trazem grandes prejuízos as áreas atingidas. Os efeitos maiores desta chuva em sistemas hídricos ocorrem quando a região freqüentemente atingida é um corpo d'água, pois atribui características ácidas à água, pois diminui seu pH, que pode acarretar a morte da fauna daquele ambiente, bem como tornar essa água indisponível para usos como recreação, abastecimento, irrigação, etc. Se a região atingida é uma região de vegetação densa, estes ácidos podem acabar matando essa vegetação deixando o solo exposto. Nesse caso, pode-se ter aumento da erosão do solo, aumento da vazão média e ainda a drenagem dessa água contaminada para o rio.

O menor valor esperado de pH para água pura é de 5,6, porém Bennet e Linstedt (1978) observaram valores de até 2,7 em alguns sistemas. Enquanto que Moreira-Nordemann (1983) mediram valores de 3,7 e 4,7 no centro de Cubatão, SP.

O efeito estufa é o fenômeno de elevação da temperatura média da Terra. Segundo Brady e Holum (1995) o gás carbono adicional contribui mais para o aumento na concentração dos gases estufa na atmosfera (55%) do que todos os outros gases juntos. Estudos realizados com os sedimentos minerais dos oceanos e com os anéis das árvores centenárias, indicam que os níveis de CO₂ na atmosfera até o final do século passado estavam ao redor de 200 a 300 ppm. Os cientistas concordam que está havendo um aumento constante na concentração de CO₂ na atmosfera desde o tempo em que a queima de carvão e óleo tornaram-se a maior fonte de energia.

Nos últimos 150000 anos, as concentrações de CO₂ variaram proporcionalmente as variações da temperatura (Figura 2), o que leva a crer que o gás carbônico tem grande influência nas elevações da temperatura nas últimas décadas, já que neste mesmo período as concentrações de CO₂ aumentaram de 280 para 345 ppm (Brady e Holum, 1995)

PARÂMETROS INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA

A seguir serão descritos alguns dos parâmetros químicos, físicos e biológicos mencionados nas legislações ambiental (CONAMA, FEPAM), assim como outros parâmetros que não constam nas legislações, mas que são importantes na avaliação da qualidade hídrica de sistemas ambientais.

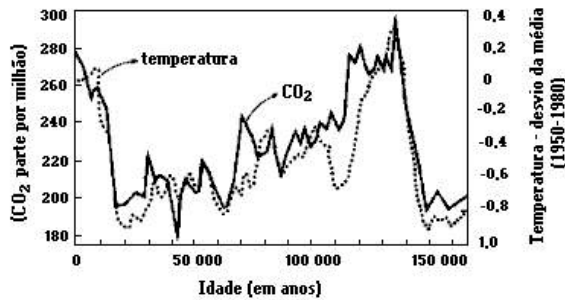


Figura 2: Variação da temperatura e da concentração de gás carbônico na atmosfera nos últimos 160 mil anos.

Parâmetros Físicos

Cor: a coloração da água se origina através dos sólidos dissolvidos, decomposição da matéria orgânica que libera compostos orgânicos complexos como ácidos húmicos e fúlvicos (75 a 85% dos casos), ferro e manganês. A cor da água não representa risco à saúde, mas a população pode questionar a qualidade da água.

A cor da água é determinada por comparação com soluções padrões (cobalto-platina), os métodos mais utilizados são: Hazen, Ohle e escala Forel-Ule. Segundo a Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000, o valor máximo permitido para cor aparente em água potável é de 15uH (unidade Hazen – PtCo/L).

Sabor e odor: pode ter origem natural, através da matéria orgânica em decomposição, microorganismos (fitoplâncton, por exemplo), e gases naturais (gás sulfídrico ou H₂S), ou origem antrópica, através de despejos domésticos e industriais.

É comum a determinação do sabor e do odor das águas de abastecimento brutas e tratadas, apesar de altos índices destes parâmetros não evidenciarem necessariamente riscos à saúde. O motivo dessa avaliação é o mesmo da cor, suspeita da qualidade da água e também por ser a maior causa de reclamações dos consumidores (Von Sperling, 1995).

Entre as substâncias responsáveis pela alteração do odor e do sabor da água estão os fenóis, provenientes de efluentes não-tratados de refinarias de óleos e indústrias químicas em geral (Cowel e Anderson, 1979).

Parâmetros Químicos

Potencial hidrogeniônico (pH): indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. O pH pode ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Valores altos de pH (alcalino) de sistemas hídricos pode estar associado a proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e portanto, diminuição do ácido carbônico da água e conseqüente aumento do pH (Von Sperling, 1995).

A acidez no meio aquático (pH baixo) é causada principalmente pela presença de CO₂, ácidos minerais e sais hidrolizados. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio. As variações do pH no meio aquáticas estão relacionadas ainda com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese.

Durante o acidente com o navio tanque Bahamas (Pereira e Niencheski, 2003; mirlean et al., 2001; niencheski et al., 2001; Fernandes e niencheski, 1998), onde houve a necessidade de descarregar a carga ácida no canal de navegação, uma das preocupações era que a água não

Tabela 3: Principais poluentes atmosféricos.(Poluição, 2003).

Poluente	Fontes	Processos	Efeito
Óxidos de Enxofre	Antropogênicas	Combustão (refinarias, centrais térmicas, veículos diesel)	Afeta o sistema respiratório
	Naturais	Processos Industriais Vulcanismo Processos biológicos	Chuvas ácidas Danos em materiais
Óxidos de Nitrogênio	Antropogênicas	Combustão (veículos e indústria)	Afeta o sistema respiratório
	Naturais	Emissões da vegetação	Chuvas ácidas
Compostos Orgânicos Voláteis	Antropogênicas	Refinarias Petroquímicas Veículos	Poluição fotoquímica
		Evaporação de combustíveis e solventes	Incluem compostos tóxicos e carcinogênicos
Monóxido de Carbono	Antropogênicas	Combustão (veículos)	Reduz a capacidade de transporte de oxigênio no sangue
	Naturais	Emissões da vegetação	
Dióxido de Carbono	Antropogênicas	Combustão	Efeito de estufa
	Naturais	Incêndios florestais	
Chumbo	Antropogênicas	Gasolina com chumbo Incineração de resíduos	Tóxico acumulativo Anemia e destruição de tecido cerebral
		Combustão	
Partículas	Antropogênicas	Processos industriais Condensação de outros poluentes Extração de minerais	Alergias respiratórias Vetor de outros poluentes (metais pesados, compostos orgânicos carcinogênicos)
		Naturais	
	Antropogênicas	Aerossóis, Sistemas de refrigeração Espumas, sistemas de combate a incêndios	

chegasse a um pH muito baixo, pois poderia solubilizar os metais do sedimento tornando-os biodisponíveis.

Oxigênio dissolvido (OD): o oxigênio é um elemento de essencial importância para organismos aeróbicos. É o gás mais abundante na água, depois do nitrogênio, e também o mais importante (Vinatea Arana, 1997). Durante a estabilização aeróbica da matéria orgânica, as bactérias decompositoras fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio. Dependendo da intensidade com que esse oxigênio é consumido e da taxa de aeração do ambiente, podem vir a morrer diversos seres aquáticos devido a ausência de oxigênio.

Caso o oxigênio seja realmente totalmente consumido, tem-se condições anaeróbicas do ambiente e a geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos, que assim tornam-se mais solúveis, como por exemplo, os metais (Balls et al., 1996).

As principais fontes de oxigênio na água são: a) troca com a atmosfera (aeração); b) produção pelos organismos produtores primários via fotossíntese e; c) a própria água.

O CO_2 e o O_2 são os únicos gases que desempenham papel relevante em processos biológicos, tais como a fotossíntese, a respiração e a decomposição da matéria orgânica.

O oxigênio dissolvido é um dos principais parâmetros para controle dos níveis de poluição das águas. Ele é fundamental para manter e verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor.

Altas concentrações de oxigênio dissolvido são indicadores da presença de vegetais fotossintéticos e baixos valores indicam a presença de matéria orgânica (provavelmente originada de esgotos), ou seja, alta quantidade de biomassa de bactérias aeróbicas decompositoras (O'Connor, 1967).

Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável presente na água.

Se a quantidade de matéria orgânica baixa, as bactérias decompositoras necessitarão de pequena quantidade de oxigênio para decompô-la, então a DBO será baixa. As moléculas orgânicas de estruturas complexas e altos valores energéticos da matéria orgânica são utilizados pelas bactérias como fonte de alimento e energia. Para ocorrer o processo de nutrição e, assim, liberação de energia, há necessidade de que os organismos aeróbios respirem. Quando esses microorganismos respiram, roubam uma certa quantidade de oxigênio, ou seja, provocam uma demanda de oxigênio (Silva, 1990).

Demanda química de oxigênio (DQO): é a quantidade de oxigênio exigida para oxidação química completa da matéria oxidável total presente nas águas, tanto orgânica como inorgânica.

Em locais que contêm substâncias tóxicas para as bactérias decompositoras, a única maneira de determinar-se a carga orgânica é pela DQO ou carbono orgânico total, já que a DBO, não pode ser aplicada, pois há morte das bactérias. Quando uma amostra possui somente nutrientes e não compostos tóxicos, o resultado da DQO pode também ser usado para estimar-se a DBO carbonácea.

Compostos nitrogenados: antes do desenvolvimento das análises bacteriológicas, as evidências e da contaminação das águas eram determinadas pelas concentrações de nitrogênio nas suas diferentes formas (nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal).

Segundo Von Sperling (1995) as principais características dos compostos nitrogenados são: a) é indispensável para o crescimento de vegetais e organismos em geral, pois é utilizado para síntese de aminoácidos; b) os processos bioquímicos de oxidação do amônio ao nitrito e deste para nitrato implicam o consumo de oxigênio dissolvido do meio, o que pode afetar a vida aquática quando a oxigenação do ambiente é menor que o consumo de oxigênio por esses processos; c) a identificação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio de poluição. Assim quando a poluição for recente, o perigo para a saúde será maior, pois nesse caso o nitrogênio se apresenta na forma orgânica e amoniacal, forma mais tóxica.

O nitrogênio amoniacal ocorre naturalmente nas águas de superfície e em águas residuárias, pois a amônia é o principal produto de excreção dos organismos aquáticos (Campbel, 1973).

O nitrogênio amoniacal se apresenta em duas formas dissolvidas: o amoníaco ou amônia não-ionizada (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+), cujas proporções dependem do pH, da temperatura, e da salinidade presentes no ambiente. Como o nitrogênio na forma de amônia não ionizada é mais tóxica, as concentrações de (NH_4^+) podem se elevar sem que sua toxicidade seja crítica, se o pH e a temperatura se mantenham dentro de certos limites. Altos valores do íon amônio são encontrados em ambientes anóxicos, onde ocorre uma intensa mineralização anaeróbica da matéria orgânica, e em locais próximos a efluentes urbanos, como observado por (Morrel e Corredor, 1993) na lagoa Joyuda em Porto Rico.

O nitrogênio na forma de nitrito é o estado intermediário entre amônio e o nitrato, sendo também considerado um nutriente. Em baixas concentrações de oxigênio, pode haver redução do nitrato (denitrificação) parcial, elevando as concentrações de nitrito. Altas concentrações de nitrito podem significar uma grande atividade bacteriana e carência de oxigênio, cenário semelhante ao encontrado nas margens da cidade do Rio Grande (Baumgarten e niencheski, 1995).

Já o nitrato é a forma mais estável do nitrogênio, sendo um dos principais nutrientes dos produtores primários. É regenerado por via bacteriana a partir do

nitrogênio orgânico, que pela decomposição da matéria orgânica se transforma em nitrogênio amoniacal. Portanto, a produção do nitrato resulta da oxidação bacteriana do amônio, tendo o nitrito como intermediário (Baumgarten e Pozza, 2001).

Alguns casos de intoxicação por nitrato foram observados por Barbier citado por Teixeira (1999) onde numa região do norte da França, uma indústria que explorava um lençol hidrotermal para a produção de água mineral, ao logo de uma década de atividade não percebeu o aumento das concentrações de nitrato, provenientes da superfície de intensa atividade agrícola.

Quantidades excessivas de nitrato em águas de abastecimento podem causar o mal chamado metaemoglobinemia (síndrome de bebê azul), que pode acometer crianças de até três meses de idade (Silva, 1990).

Fosfatos: o fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, e na forma de fosfatos dissolvidos é um importante nutriente para produtores primários. Também pode ser o fator limitante da produtividade primária de um curso d'água.

O lançamento de despejos ricos em fosfatos num curso d'água pode, em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes nitrogenados, estimular o crescimento de micro e macroorganismos fotossintetizadores, chegando até o desencadeamento de florações indesejáveis e oportunistas, que podem chegar a diminuir a biodiversidade do ambiente (eutrofização) (Figura 3) (Baumgarten et al., 1996).



Figura 3: Estágio intermediário de eutrofização.

Segundo Water Quality Criteria (1976), algumas das origens dos fosfatos em águas são: a) constituintes de detergentes, aparecendo em produtos de limpeza e enriquecendo as águas residuárias urbanas; b) constituintes de fertilizantes, que são levados pelas chuvas até cursos d'água ou em resíduos não-tratados de indústrias de fertilizantes; c) presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos, na forma de precipitados químicos inorgânicos.

No estuário de Gironde na França foram

observadas variações sazonais das concentrações de fosfatos. Um dos motivos é a variabilidade das vazões dos rios que deságuam neste estuário. Tendo em vista que grande parte da bacia tem como atividade principal a agricultura (plantações de frutas, milho e vinhedos), as águas das chuvas lixiviam as plantações e conseqüentemente levam consigo parte do fertilizante utilizado (Michel et al., 2000).

Óleos e graxas: Considera-se óleos ou graxas hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras, assim como alguns compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila (Baumgarten e Pozza, 2001).

Na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo.

Quando essas substâncias estão presentes em quantidades excessivas, podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, causando ineficiência do tratamento de águas residuárias. Nesses casos, podem causar acúmulo excessivo de escória em digestores obstruindo os poros dos filtros e impedir o uso do lodo como fertilizante. Quando descartados juntos com águas residuárias ou efluentes tratados, os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (Von Sperling, 1995).

Detergentes: são substâncias ou preparados com a função de remover a sujeira de uma superfície. Contém basicamente um agente tensoativo, mas ainda podem conter compostos coadjuvantes, como por exemplo, espessantes, sinérgicos, solventes, substâncias inertes (sulfato de sódio) e outras especialmente formuladas para a remoção de gorduras, óleos e outros, ou para a higienização de objetos e utensílios domésticos e industriais. Os detergentes impedem a decantação e a deposição de sedimentos e, como reduzem a tensão superficial, permitem a formação de espuma na superfície da água. Tal fato impede o desenvolvimento da vida aquática.

Em 2003, o município de Pirapora em São Paulo, foi atingido por uma poluição de espuma originada da poluição do Tietê por detergentes (Penhalver e Mug, 2003). O volume de espuma foi tão grande que acabou invadindo a cidade (Figura 4).

Os detergentes sintéticos têm boas propriedades de limpeza e não formam sais insolúveis com os íons responsáveis pela dureza da água, como o cálcio e o magnésio. Têm a vantagem adicional de serem sais de ácidos relativamente fortes e, assim não precipitam em águas acidificadas, como acontece com sabões e detergentes não-sintéticos.

Entre os compostos coadjuvantes devem ainda ser considerados os fosfatos, carbonatos, silicatos, carboximetil-celulose e branqueadores óticos. No caso especial do

fosfato, que tem a função de abrandador da água e de dispersante de sujeira, a liberação de detergentes no meio aquático contribui significativamente para contaminar o ambiente com fosfato, podendo desencadear o processo de eutrofização (baumgarten e Pozza, 2001). Atualmente, já existem detergentes que substituíram os fosfatos por outras substâncias menos poluentes.



Figura 4: Cidade de Pirapora-SP invadida pela espuma de detergentes.

Os detergentes além de removedores de sujeira e gorduras, são também utilizados na indústria têxtil, como umectantes no processo de cozimento de fibras, na mercerização em tecidos e fios, no alvejamento e no tingimento de fibras têxteis.

Arsênio: apresenta-se na água na forma de dois óxidos, sendo que a forma trivalente (AsO_3) é mais tóxica que a pentavalente (AsO_5). O AsO_3 foi muito utilizado antigamente como formicida e nas formulações de herbicidas (Train, 1979). Essa forma química pode ser produto de atividades de mineração, como já foi mencionado anteriormente, e da queima de carvão mineral. Um caso de contaminação da água por arsênio foi observada no Quadrilátero Ferrífero, que abrange as cidades de Ouro Preto, Santa Bárbara, Nova Lima e outras cidades históricas, em Minas Gerais (Fonseca, 2003), confirmando a atividade de mineração como fonte potencial de arsênio em sistemas hídricos.

O arsênio pode entrar no ambiente como formas associadas ao fosfato. Como o mercúrio, o arsênio pode ser convertido em formas mais móveis na água ou formas metiladas mais tóxicas, pela ação de bactérias (Manaham, 1994).

Atualmente, os compostos de arsênio são utilizados na fabricação do acetileno, como corante no tratamento de minerais como a pirita de ferro arsenífero, em minerais sulfurosos de cobre e de outros metais e também na fabricação de pesticidas e na preservação de madeira (Martin et al., 1976).

Os compostos do arsênio, em doses relativamente elevadas, são venenosos e carcinogênicos.

Compostos sulfurosos: apresenta-se tanto na forma de sulfetos como sulfatos.

Sulfetos: constituem a forma oxidada do enxofre. Encontra-se com frequência em águas subterrâneas, onde há carência de oxigênio. Nos despejos de efluentes, é comum a detecção de sulfetos provenientes de processos industriais (fábricas têxteis e de papel), da decomposição anaeróbica da matéria orgânica e, principalmente da produção bacteriana do sulfato em meios pobres de oxigênio, e podem estar presentes em águas geotérmicas.

O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S) proveniente de despejos origina odores desagradáveis no meio ambiente. É um gás muito tóxico, irritante dos olhos, pele, mucosas e do aparelho respiratório.

Em ambientes aquáticos com ausência de oxigênio, o gás sulfídrico, próximo ao fundo, é tóxico para os organismos que ali habitam, pois atua em dois níveis: a) em nível enzimático, inibe a cadeia respiratória; b) em nível de hemoglobina, combina-se com esta formando um derivado que a torna inativa do ponto de vista respiratório. Portanto, o acúmulo desse gás pode provocar grande mortalidade de peixes, mesmo em ecossistemas desprovidos de outras formas de poluição (esteves, 1998). Tal situação foi observada com a poluição proveniente de um terminal da Petrobrás no rio Acaraí, que faz limite com os balneários de Ubatuba e Enseada, no município de São Francisco do Sul, norte do estado de Santa Catarina (Groth, 2000).

Sulfatos: geralmente se formam a partir da oxidação do gás sulfídrico no meio aquático oxigenado. Esta oxidação pode ser química ou biológica por microorganismos. Também a distribuição do sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema hídrico. Em ambientes próximos ao mar, as concentrações de sulfato são maiores, já que nos oceanos o sulfato é mais abundante. Desta forma, as concentrações de sulfato podem variar desde valores não detectáveis, em ambientes continentais, como podem chegar a valores em torno da saturação nos oceanos.

Em algumas lagoas costeiras aeradas, o sulfato pode estar presente na coluna d'água, enquanto que o sulfeto de hidrogênio estará presente na coluna sedimentar e na água intersticial subsuperficial, com características mais redutoras (esteves, 1998)

Fluoretos: na água os fluoretos podem ocorrer naturalmente associados quimicamente ao magnésio ou ao alumínio, principalmente nos rios, formando complexos. Em ambientes sem fontes antrópicas, cerca de 80 a 90% dos fluoretos dissolvidos nas águas de rios são reciclados do ambiente marinho, sendo que somente 10 a 20% são derivados de intemperismos continentais (Burton, 1976). Concentrações altas de fluoretos podem causar doenças como a fluorose.

Segundo Niencheski et al. (1988) os fluoretos

podem estar presentes nos efluentes das indústrias de fertilizantes na forma de SiF_6 , oriundo da acidificação das rochas fosfatadas.

Cloretos: ocorre em abundância nas águas oceânicas. Todas as águas naturais, em maior ou em menor grau contêm íons cloreto resultantes da dissolução de minerais ou de sais e da intrusão de águas salinas no continente. Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais, bem como causam danos a estruturas metálicas (corrosão).

Mesmo em altas concentrações não são nocivos ao homem. Entretanto, as águas podem apresentar sabor salgado se o cátion sódio estiver presente junto com o cloreto. A cidade de Itajaí, em 2003, foi atingida por maré mais alta que o normal, o que ocasionou a entrada da água oceânica no rio Itajaí-Mirim até o ponto de captação para abastecimento. A situação causou prejuízos à administração da cidade, pois além da água de abastecimento ter se tornado imprópria para consumo, o município teve que ressarcir a população em virtude da água salgada ter provocado curtos-circuitos em aparelhos que utilizam a água do abastecimento (Diário Catarinense, 2003).

Pesticidas: as duas grandes categorias destes contaminantes são os inseticidas e os herbicidas.

Os pesticidas constituem um problema para o meio ambiente. Sendo mais solúveis nos lipídeos que na água, eles vão se acumulando nas graxas dos organismos aquáticos, havendo a biomagnificação ao longo da cadeia alimentar. Em princípio os teores elevados dos pesticidas nos níveis tróficos superiores, podem ser causados pela ingestão de organismos inferiores contaminados.

O transporte dos pesticidas ocorre na forma solúvel e na fase associada ao material em suspensão. Esta última contém geralmente cerca de 10.000 vezes mais resíduos de pesticidas que na água, e assim, as suspensões podem contaminar mais facilmente os organismos, principalmente os filtradores, como os mariscos, cracas, entre outros (Martin et al., 1976).

Resíduos: segundo (Baumgarten e Pozza, 2001) referem-se aos materiais sólidos suspensos e aos elementos dissolvidos na água. Os resíduos podem afetar as características físico-químicas da água ou advertir para a qualidade dos efluentes em determinados locais. Grandes quantidades de resíduos geralmente causam prejuízo ao sabor da água e podem induzir a uma desfavorável reação psicológica nos consumidores. Essas águas podem ser insatisfatórias ao uso doméstico de contato primário. Os processos de tratamento de água e esgoto ajudam a minimizar esses problemas.

Entre os resíduos mais importantes está o **material em suspensão**, que é constituído de pequenas partículas que se encontram suspensas na água, as quais têm uma

fração mineral ou inorgânica e outra orgânica.

Altas concentrações de material em suspensão limitam a qualidade da água bruta, por estarem relacionadas com a turbidez, a salinidade e dureza da água. Causam ainda, danos à flora e fauna aquáticas, e como diminui a penetração de luz na água prejudica a fotossíntese de fitoplâncton, das algas e da vegetação submersa. Favorece ainda o desenvolvimento de bactérias e fungos, que se proliferam nessas partículas, e influenciam no aspecto econômico do tratamento da água com vistas a torná-la potável (Silva, 1990).

As concentrações do material em suspensão são bastante variáveis no tempo e no espaço, e dependem da hidrodinâmica, da constituição do substrato de fundo, das margens do meio hídrico e ainda de fatores meteorológicos. (Pereira, 2003) determinou que as concentrações de material em suspensão na Lagoa dos Patos dependem principalmente dos ventos e da descarga dos principais tributários da lagoa.

Um outro aspecto importante a ser levado em conta é que situações ou locais onde a hidrodinâmica e a capacidade de transporte de partículas diminuem há depósito desse material em suspensão, diminuindo a profundidade do corpo d'água (Figura 5). Pereira e Niencheski (2002) determinaram que ao longo da Lagoa dos Patos o processo de sedimentação do material em suspensão é dominante, entretanto, apenas é percebido o assoreamento dos canais de navegação do estuário, onde eventualmente é necessária a dragagem.

Deve-se ainda considerar que em ambientes com altas concentrações de material em suspensão o processo de adsorção do fosfato por este é favorecido, retirando do ambiente este nutriente da sua forma solúvel, e assim indisponibilizando-o para os produtores primários e tornando o fosfato um fator limitante do crescimento de vegetais. Esse comportamento foi observado por Pereira (2003), no estuário da Lagoa dos Patos, que aproximadamente 50% do fosfato disponível é adsorvido pelo material em suspensão.



Figura 5: Assoreamento do rio Paraíba do Sul.

Metais pesados: as atividades que o homem exerce atualmente acrescentam ao meio ambiente, através de despejos não controlados, quantidades de metais que se somam as resultantes do intemperismo natural de rochas. Esta crescente contaminação foi ignorada até o trágico evento de Minamata, Japão. Em 1932 se instalou na cidade uma indústria de fabricação de acetaldeído. A indústria cresceu e com ela cresceu o lançamento de seus efluentes ricos em mercúrio no mar. O metal se acumulou nos peixes da região e conseqüentemente chegou à população. Centenas de pessoas morreram devido aos efeitos da intoxicação por mercúrio e muitas outras dezenas sofreram com as deformações ocorridas com os fetos durante a gravidez (Scliar, 2003). A partir daí, pode-se observar um maior interesse na determinação dos metais pesados.

A maior preocupação com os metais é a bioacumulação destes pela flora e fauna aquática que acaba atingindo o homem, produzindo efeitos subletais e letais, decorrentes de disfunções metabólicas.

A presença de diferentes metais em um sistema aquático pode, em decorrência de efeitos antagônicos resultar na sensível diminuição da toxicidade desses metais, comparando com a soma de suas toxicidades quando presentes individualmente.

Destacam-se por sua toxidez os metais cádmio, cromo, mercúrio, níquel, chumbo e, em menor grau cobre e zinco, os quais serão discutidos a seguir.

Cádmio: a exposição a esse metal causa sintomas parecidos aos de envenenamento por alimentos. A acumulação deste metal no homem resulta na doença Itai-Itai, que produz problemas de metabolismo do cálcio, acompanhado de descalcificação, reumatismo, nevralgias e problemas cardiovasculares (Train, 1979). Altas concentrações acumuladas nos organismos destroem o tecido testicular e as hemácias sangüíneas e podem levar a efeitos mutagênicos e teratogênicos (Manaham, 1994).

As concentrações de cádmio podem atingir de 100 a 1000 vezes mais que as concentrações encontradas na água.

O acúmulo de cádmio em solos na vizinhança de minas e fundições pode resultar em altas concentrações nas águas próximas. O cádmio é normalmente despejado na água por indústrias de perfumaria, cimento, cerâmica, refinarias de petróleo, reatores nucleares, têxteis, de clareamento de metais, plásticos, fabricação de carvão ativado e de produtos fotográficos (Martin et al., 1976). Pereira (2003) observou que na porção norte da Lagoa dos Patos, as concentrações de cádmio eram maiores nos meses de maior descarga do principal tributário (rio Guaíba), comportamento semelhante ao encontrado por Michel (2000) no estuário de Gironde, tendo em vista que nas maiores descargas estão contidas as concentrações mais altas de contaminantes provenientes da bacia de drenagem.

Cromo: o cromo é um metal muito resistente e pouco

abundante. É utilizado para curtir couro e em laboratórios para limpeza de vidrarias.

O cromo é um metal extremamente tóxico na sua forma hexavalente, o qual é lançado no meio aquático por indústrias de diversas origens, como curtumes, cromagem de metais, preparação de corantes, explosivos, cerâmicas e papel. É também originado do tratamento de minerais, na metalurgia, em indústrias eletroquímicas de cromados e ácido crômicos e produtos fotográficos (Martin et al., 1976).

O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de couro do Brasil, com 23% da produção nacional (cerca de 243632,1 ton/ano; FONTE: Associação das Indústrias de Curtume do Rio Grande do Sul). Esta atividade industrial tem na etapa de curtimento do couro a aplicação de sais de cromo, os quais posteriormente são descartados nos rios que acabam desaguando na lagoa. Apesar da grande quantidade de couro produzido, o processo de curtimento, aparentemente, não influencia nas concentrações de cromo encontradas na Lagoa dos Patos. Isso se deve ao fato de que o conteúdo de Cr adicionado ao sistema, não é suficiente para alterar as concentrações no corpo da lagoa, pois a mesma possui um grande volume total de água, resultando na diluição deste contaminante (Pereira, 2003).

Nunes (2000) observou que na cidade de Urânia em São Paulo as concentrações de cromo na água estavam acima dos limites aceitáveis ambientalmente, após um intenso estudo foi concluído que as altas concentrações eram conseqüência dos minerais primários encontrados na região, constituindo uma fonte natural de contaminação.

Mercúrio: o mercúrio combina-se fortemente com proteínas dos seres vivos, e age especificamente sobre os tecidos dos rins, destruindo a capacidade destes órgãos de remover do sangue produtos de eliminação (Coelho, 1990). A intoxicação por mercúrio pode ainda causar a destruição de células nervosas, gerando paralisia, irritabilidade, insanidade e depressão.

No âmbito do plâncton o mercúrio e, sobretudo os compostos organo-mercúricos reduzem a fotossíntese do fitoplâncton. Em meio redutor rico em sulfeto, este metal pode apresentar-se precipitado associado com os sulfetos, formando assim moléculas de solubilidade muito baixa o que acaba enriquecendo o sedimento.

No meio urbano podemos destacar como fontes de mercúrio os termômetros e barômetros jogados no lixo, e resíduos de clínicas odontológicas.

O mercúrio é um dos componentes freqüentemente encontrado nos fungicidas, em indústrias farmacêuticas e de energia atômica, é encontrado também nas tintas antiincrustantes usadas em embarcações, na indústria de PVC e na garimpagem de ouro (Baumgarten e Pozza, 2001). O maior dos acidentes com o mercúrio foi o de Minamata, já mencionado anteriormente.

Níquel: é um metal traço (pouco concentrado) que ocorre

na natureza em meteoritos e em depósitos naturais, podendo também ser proveniente do derramamento de óleo cru.

Contaminações ambientais por níquel podem causar alterações dos processos metabólicos, problemas respiratórios e dermatites (Coelho, 1990).

É usado na fabricação de ligas, tais como as usadas na cunhagem de moedas, na obtenção de aço inoxidável e em fios (Von Sperling, 1995).

Durante estudo dos processos que determinam a qualidade da água da Lagoa dos Patos, Pereira (Pereira, 2003) observou a adição de níquel em praticamente toda lagoa, isso se deve a rápida mudança de salinidade do sistema que favorece as reações de troca relativas a este metal, mesmo comportamento verificado por Hatje (2001) no estuário de Port Jackson na Austrália.

Chumbo: é um metal pesado perigoso na sua forma dissolvida, principalmente na forma iônica, pois assim, está disponível para ser assimilado pela biota aquática, podendo atingir concentrações 1400 vezes maiores que as encontradas na água. Não sendo essencial ao metabolismo celular, é tóxico mesmo em pequenas concentrações podendo provocar inibições em algumas enzimas e alterações no metabolismo das células.

Em peixes, uma contaminação por chumbo pode provocar lesões nas brânquias e inibições nas trocas de oxigênio/gás carbônico (Martin et al., 1976). O homem quando ingere animais contaminados por chumbo também bioacumula o metal, podendo apresentar alterações no sistema nervoso, sanguíneo e problemas renais, além de poder contrair o saturnismo, que pode provocar o retardamento mental e anemia em crianças (Manaham, 1994).

As indústrias que mais lançam chumbo na água são as refinarias de petróleo e de cerâmica. A atividade de mineração e resíduos de gráficas também apresentam grandes quantidades deste metal.

Alguns casos de envenenamento por chumbo foram registrados em Bauru no estado de São Paulo, onde uma indústria de baterias e acumuladores eletromotivos estava lançando seus efluentes ricos em chumbo no manancial da região (Poluição por chumbo em Bauru, 2003).

Cobre: concentrações elevadas de cobre representam uma ameaça para a biota aquática, pois tem uma grande capacidade de se bioacumular em determinados tecidos vivos, magnificando suas concentrações ao longo da cadeia trófica, atingindo o homem. Além disso, pode desestruturar algumas proteínas enzimáticas essenciais ao ser vivo.

De modo geral, a toxicidade do cobre aumenta com a sua solubilidade, a adsorção do cobre é influenciada pelas variações de temperatura, salinidade, pH e dureza da água que modificam a permeabilidade dos tecidos agindo sobre a velocidade do metabolismo e, da sua excreção (Coelho,

1990).

Os compostos de cobre são venenosos e utilizados como fungicidas. Como exemplo, pode-se citar o sulfato de cobre, indicado para controlar diversas enfermidades dos vegetais. Além disso, é usado em piscinas para impedir o crescimento de alga, é ainda utilizado em tintas antiincrustantes para pintura de cascos de embarcações (França, 1998).

Pereira (Pereira, 2003) constatou adição de cobre em todas porções da Lagoa dos Patos. Segundo o autor na parte norte da lagoa, que está sob influência do rio Guaíba as fontes de cobre são os efluentes da zona industrial e despejos de água provenientes de esgotos. Na parte central, deságua o rio Camaquã, que capta águas provenientes de plantações, onde o cobre está na composição de muitos defensivos agrícolas e nas atividades de mineração (Rosa, 2002). Na parte sul da lagoa os aportes de cobre são provenientes das águas do canal São Gonçalo, que recebe uma grande quantidade de despejos de esgotos da cidade de Pelotas.

Zinco: em baixas concentrações é pouco nocivo para mamíferos e peixes, pois tem caráter não-acumulativo e é um nutriente essencial ao metabolismo celular. Entretanto, a ingestão de sais de zinco solúveis em altas concentrações pode afetar o tubo digestivo. O excesso deste metal bioacumulado pode causar mudanças adversas na morfologia e fisiologia dos peixes. Quando em concentrações demasiadamente altas pode resultar no enfraquecimento geral e alterações histológicas amplas em muitos órgãos (Water quality criteria for water, 1976).

As indústrias que mais lançam zinco no meio hídrico são as metalúrgicas, de galvanoplastia, de tintas e inseticidas, farmacêuticas, de produtos luminescentes e de fibras. Pode ainda chegar ao meio aquático através de rejeitos da atividade de mineração e de efluentes domésticos não- tratados (Martin et al., 1976).

Parâmetros Biológicos

Coliformes: Os coliformes representam um parâmetro microbiológico. Os coliformes são capazes de desenvolver ácido, gás e aldeído, na presença de sais biliares ou agentes tensoativos (detergentes). As bactérias do grupo coliforme são consideradas indicadores primários da contaminação fecal das águas.

Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo coliformes totais e têm maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente sendo preferenciais às análises apenas de coliformes totais, menos específicas.

Portanto, os índices de coliformes fecais são bons indicadores de qualidade das águas em termos de poluição por efluentes domésticos (Baumgarten e Pozza, 2001).

Um exemplo típico de poluição por coliformes é a praia do Laranjal em Pelotas, que por muitos anos apresentou índices de balneabilidade inadequados devido à

presença de altas concentrações de coliformes provenientes dos despejos de esgotos domésticos no Canal São Gonçalo, que deságua na Lagoa dos Patos próximo ao balneário (Lautenschläger, 2003).

As concentrações limites de cada um destes parâmetros dependem do tipo de corpo d'água que está sendo avaliado, as relações entre concentrações e tipo de corpo d'água serão discutidas no enquadramento dos sistemas hídricos.

FATORES QUE AFETAM O COMPORTAMENTO DOS POLUENTES

Ao atingirem os corpos d'água os poluentes são submetidos a diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos. Estes mecanismos alteram o comportamento dos poluentes e suas respectivas concentrações, o que pode ser benéfico ou não.

Os fatores que afetam o comportamento dos poluentes são:

Diluição: refere-se à redução da concentração do poluente quando este atinge o corpo d'água. A diluição só é efetiva se a concentração do poluente no corpo d'água é significativamente menor do que no efluente que esta sendo lançado.

Ação hidrodinâmica: fenômeno associado ao deslocamento da água nos corpos hídricos. O transporte dos poluentes é afetado pelo campo de velocidades no meio, ou seja, quanto mais intenso o campo de velocidades, mais rapidamente o poluente será afastado do ponto de despejo. A dinâmica do sistema tem grande influência sobre o processo de diluição, que ocorre por difusão molecular ou turbulenta. Os movimentos intensos de água favorecem as trocas gasosas, mas podem resultar na ressuspensão de contaminantes.

Ação da gravidade: pode favorecer a sedimentação dos contaminantes que sejam mais densos que o meio líquido no qual se encontram.

Luz: a presença de luz é a condição necessária para a presença de algas, as quais são fontes básicas de alimento para a biota aquática, além de produzir oxigênio durante a fotossíntese.

Temperatura: influencia vários processos que ocorrem nos corpos d'água (cinética das reações químicas, atividade microbiológica e características físicas do meio).

Ação microbiológica: contaminantes biodegradáveis têm a sua concentração reduzida pela ação de microrganismos presentes no meio aquático. O processo de redução da concentração de contaminantes por microrganismos é conhecido como autodepuração, e contempla as seguintes etapas: a) decomposição da matéria

orgânica, que é quantificada por meio da Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO); b) recuperação do oxigênio dissolvido ou reaeração. O processo de autodepuração depende do potencial poluidor do despejo, concentração de oxigênio dissolvido na água, características hidrodinâmicas do corpo e da temperatura.

USOS DA ÁGUA

A água é elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo ainda, componente da paisagem e do meio ambiente. Os setores usuários da água são os mais diversos, com aplicações e para inúmeros fins. A utilização pode ter caráter consuntivo, quando a água é derivada do seu curso natural, somente retornando em parte, descontadas as perdas, como as da evaporação. Alguns usos dispensam a derivação, não são consuntivos e não alteram a qualidade, mas podem alterar o regime, o que acontece, por exemplo, com a construção de barragens de regularização de vazões.

A tabela 3 apresenta uma classificação sistemática dos usos da água e suas principais características.

ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D'ÁGUA NO BRASIL

O enquadramento é uma classificação dos sistemas hídricos, de acordo com o tipo de corpo d'água e os usos destes mananciais.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA dividiu os sistemas em 3 grandes grupos subdivididos em 13 classes no total, segundo seus usos preponderantes:

Águas doces (salinidade menor ou igual a 0,5%)

Classe especial: são as águas destinadas:

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

Classe I: são as águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- 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

Tabela 3: Usos da água (Silva, 1990).

Forma	Finalidade	Tipos de uso	Uso Consuntivo	Requisitos de qualidade	Efeitos na água
Com derivação de águas	Abastecimento urbano	Abastecimento doméstico, industrial, comercial e público	Baixo, cerca de 10%	Altos ou médios, influenciando no custo de tratamento.	Poluição orgânica e bacteriológica
	Abastecimento industrial	Sanitário, de processo, incorporação ao produto, refrigeração e geração de vapor	Médio, cerca de 20%	Médios, variando com o tipo de uso.	Poluição orgânica, substâncias tóxicas e elevação da temperatura
	Irrigação	Irrigação artificial de culturas agrícolas segundo diversos métodos	Alto, cerca de 90%	Médios, dependendo do tipo de cultura.	Carreamento de agrotóxicos e fertilizantes
	Abastecimento	Doméstico, dessedentação de animais	Baixo, cerca de 10%	Médios	Alteração da qualidade com efeitos difusos
	Aqüicultura	Estações de piscicultura e outras	Baixo, cerca de 10%	Altos	Carreamento de matéria orgânica
Sem derivação de águas	Geração hidrelétrica	Acionamento de turbinas hidroelétricas	Perdas por evaporação do reservatório	Baixos	Alteração no regime e na qualidade das águas
	Navegação fluvial	Manutenção de calados mínimos e eclusagem	Não há	Baixos	Lançamento de óleos e combustíveis
	Recreação, lazer e harmonia paisagística	Natação e outros esportes de contato direto	Lazer contemplativo	Altos	Não há
	Pesca	Com fins comerciais de espécies de naturais ou introduzidas através de estações de piscicultura	Não há	Altos, nos corpos de água, correntes, lagos ou reservatórios artificiais	Alteração da qualidade após mortandade de peixes
	Assimilação de esgotos	Diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais	Não há	Não há	Poluição orgânica, física, química e bacteriológica
	Usos de preservação	Vazões para assegurar o equilíbrio ecológico	Não há	Não há	Melhoria da qualidade da água

e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2: são as águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- 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 aqüicultura e à atividade de pesca.

Classe 3: são as águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- à pesca amadora;
- à recreação de contato secundário; e
- à dessedentação de animais.

Classe 4: são as águas destinadas:

- à navegação;
- à harmonia paisagística.

Águas salinas (salinidade entre 0,5 e 30%)

Classe especial: 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: águas que podem ser destinadas:

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

Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- à pesca amadora; e
- à recreação de contato secundário.

Classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

Águas salobras (salinidade maior ou igual a 30%)

Classe especial: águas destinadas:

- 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: 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) à 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, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) à pesca amadora; e
- b) à recreação de contato secundário.

Classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

Portanto, para cada uma das classes são impostos níveis de qualidade que devem ser alcançados e mantidos, os quais serão definidos a seguir.

LIMITES AMBIENTAIS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE QUALIDADE

Na Tabela 4 estão listados os limites admissíveis dos parâmetros de qualidade segundo a Resolução nº 357 do CONAMA.

Os limites da classe 2 são as mesmas da classe 1 com exceção da DBO (<5 mg/L), oxigênio (>5 mg/L), cor (<75 mg Pt/L) e coliformes fecais e totais (<1000 e 5000 NMP).

A classe 4 tem os mesmos limites da classe 3 com exceção do oxigênio (> 2 mg/L) e pH (6 a 9).

Já a classe 6 possui as mesmas concentrações máximas da classe 5, com exceção dos coliformes fecais e totais (< 4000 e 20000), DBO (<10 mg/L) e oxigênio (>4 mg/L).

Enquanto que as águas da classe 8 têm os mesmos limites da classe 7 com exceção do pH (5 a 9), oxigênio (> 3 mg/L) e coliformes fecais e totais (< 4000 e 20000

Tabela 4: Limites dos parâmetros de qualidade das águas de acordo com a classe do sistema.

	Classes			
	1	3	5	7
Cor (mg Pt/L)	Natural	≤ 75	-	-
pH	6 a 9	6 a 9	6,5 a 8,5	6 a 9
Oxigênio (mg/L)	≥ 6,0	≥ 4,0	≥ 6,0	≥ 5,0
DBO (mg/L)	≤ 3,0	≤ 10,0	≤ 5,0	≤ 5,0
Amônia (mg/L)	≤ 0,02	≤ 1,0	≤ 0,4	≤ 0,4
Nitrato (mg/L)	≤ 10,0	≤ 1,0	≤ 10,0	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	-
Fosfato (mg/L)	≤ 0,025	≤ 0,025	-	-
Coliformes totais (NMP)	≤ 1000	≤ 20000	≤ 5000	≤ 5000
Coliformes fecais (NMP)	≤ 200	≤ 4000	≤ 1000	≤ 1000
Arsênio (mg/L)	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Sulfetos (mg/L)	≤ 0,002	≤ 0,3	≤ 0,002	≤ 0,002
Sulfatos (mg/L)	≤ 250,0	≤ 250,0	-	-
Cloretos (mg/L)	≤ 250,0	≤ 250,0	-	-
Fluoretos (mg/L)	≤ 1,4	≤ 1,4	≤ 1,4	≤ 1,4
Sól. dissolvidos Totais (mg/L)	≤ 500	≤ 500	-	-
Cádmio (mg/L)	≤ 0,001	≤ 0,01	≤ 0,005	≤ 0,005
Cromo 3 (mg/L)	≤ 0,5	≤ 0,5	-	-
Cromo 6 (mg/L)	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Mercúrio (mg/L)	≤ 0,0002	≤ 0,002	≤ 0,0001	≤ 0,0001
Níquel (mg/L)	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,1	≤ 0,1
Chumbo (mg/L)	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,01
Cobre (mg/L)	≤ 0,02	≤ 0,5	≤ 0,05	≤ 0,05
Zinco (mg/L)	≤ 0,18	≤ 5,0	≤ 0,17	≤ 0,17
DDT (ug/L)	≤ 0,002	≤ 1,0	≤ 0,001	≤ 0,001

NMP).

A referida resolução apresenta algumas deficiências quanto ao estabelecimento dos limites citados, que serão discutidos a seguir.

Segundo Baumgarten e Pozza (2001), a concentração de amônia de 0,4mg/L definida como limite para as classes 5 e 7 é muito tolerante, já que nem mesmo para ambientes contaminados tal concentração é encontrada. A autora recomenda que o mais adequado seria adotar o limite de 0,2mg/L, valor estipulado pelo FEPAM para águas salobras no enquadramento da Lagoa dos Patos.

O nitrogênio amoniacal (amônia + íon amônio) é um parâmetro indicador de poluição orgânica e muito utilizado em análises ambientais, porém o CONAMA definiu sua concentração apenas para a classe 3. Baumgarten e Pozza (2001) recomendam que a definição dos limites deste parâmetro poderia se basear na citação de Aminot & Chaussepied (1983) de que as concentrações normais de nitrogênio amoniacal ficam em torno de 0,014mg/L.

Entretanto, de uma forma geral, na definição das concentrações limites o melhor seria fazer um histórico das concentrações de nitrogênio amoniacal comumente encontradas em locais da região considerada, sem aporte de matéria orgânica, e então esses valores poderiam nortear

a definição dos limites. Estas considerações valem também para o fosfato, já que este somente é referido na Resolução nº 357 do CONAMA para águas doces e marinhas.

Baumgarten e Pozza (2001) consideram os limites de nitrito e nitrato muito altos, pois apesar deste compostos terem baixa toxicidade, praticamente todas as concentrações máximas já registradas em ambientes costeiros e citadas na literatura não costumam chegar nem a metade do valor estipulado pelo CONAMA, mesmo porque em ambientes contaminados organicamente há pouco oxigênio e conseqüentemente, pouco nitrato (forma oxidada do nitrogênio).

Quanto aos metais, numa nova versão da Resolução do CONAMA seria melhor que fosse especificado mais detalhadamente se as concentrações limites referem-se à forma total do metal na água ou ao metal solúvel. Pois na atual resolução apenas para o ferro é feita referência quanto a sua forma para as classes de água doces e salinas.

No que se trata da qualidade dos efluentes a serem lançado, o artigo 21 da Resolução nº 20 do CONAMA não cita limites para parâmetros quimioindicadores de poluição orgânica, como fosfato, DBO, DQO. Oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, substâncias tensoativas e coliformes (Baumgarten e Pozza, 2001).

CONCLUSÕES

Tendo em vista o apresentado, percebe-se que a poluição dos sistemas hídricos é um problema de toda sociedade. E se esta sociedade pretende possuir água potável que possa ser consumida no futuro, deve acima de tudo rever suas atividades, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais, pois todas possuem implicações que acabam diretamente ou indiretamente degradando os mananciais hídricos disponíveis.

Atualmente existem instrumentos dos mais diversos tipos para controle e gerenciamento da poluição hídrica. Assim que a poluição dos corpos d'água começou a ser percebida e sentida, tais instrumentos, tanto técnicos como legais foram desenvolvidos, e evoluíram ao longo dos anos. Hoje se pode avaliar com precisão o dano de um despejo industrial em um rio ou em um lago, seja por métodos analíticos ou por modelos matemáticos, porém a aplicação dos instrumentos legais deixa a desejar, e não é por falta de leis, normas e resoluções, mas sim por falta de controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras, por parte dos órgãos responsáveis.

Portanto, a única maneira de resolver o problema da poluição é o desenvolvimento de políticas e programas de conscientização, tanto do poder público como da iniciativa privada, que esclareça que a água é um recurso renovável, porém finito e cada vez mais escasso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Centre National pour l'Exploitation des Océans. CNEXO, BNDO Documentation. 1983. **Water quality criteria for water** Washington D.C.: Environmental Protection Agency (EPA), 1976. 501p.

Water quality criteria for water Washington D.C.: Environmental Protection Agency (EPA), 1976. 501p.

Poluição. 2003. Disponível em: <
<http://152.92.176.67/Aula20.pdf> >. Acesso em: 11/05/2003.

Poluição por chumbo em Bauru. 2003. Disponível em: <
http://www.arvore.com.br/artigos/htm_2002/ar1004_6.htm >. Acesso em: 11/11/2003.

ASHTON, P. J.; LOVE, D.; MAHACHI, H.; DIRKS, P. **An overview of the impact of mining and mineral processing operations on water resources and water quality in Zambezi, Limpopo and Olifants catchments in the Southern Africa**. Zimbabwe: University of Zimbabwe, 2001. 362p.

BALLS, P. W.; BROCKIE, N.; DOBSON, J.; JONHSTON, W. Dissolved Oxygen and Nitrification in the Upper Forth Estuary During Summer (1982-92): Patterns and Trends. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.42, p. 117-134, 1996.

BAUMGARTEN, M. G.; POZZA, S. A. **Qualidade de águas. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental**. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; AZNAR, C. E.; ROCHA, J. M.; ALMEIDA, M. T.; KINAS, P. G. Contaminação química das águas receptoras do principal efluente doméstico da cidade do Rio Grande (RS). **Atlântica**. v.20, n.35-54, 1998.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; NIENCHESKI, L. F. Qualidade das águas que margeiam a cidade do Rio Grande: nutrientes e detergentes dissolvidos. **Atlântica**. v.17, p. 1995.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. **Qualidade de Águas. Descrição de Parâmetros Químicos referidos na Legislação Ambiental**. Rio Grande: Editora da FURG, 2001. 166p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.;

- NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de Análises de Oceanografia Química**. Rio Grande: Editora da FURG, 1996. 132p.
- BAUMGARTEN, M. G. Z.; RODRIGUEZ, R. M. Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade do Rio Grande (RS). **Relatório Técnico - Oceanografia 06**. v.1-33, 1993.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669.
- BENNETT, E. R.; LINDSTEDT, K. D. pollutional characteristics of stormwater runoff. **Colorado Water Resources Institute Completion Report**. v.84, n.204, 1978.
- BRADY, J.; HOLUM, K. **Chemistry - The Study of Matter and Its Changes**. Willey, 1995.
- BRAGA, T. M.; MIKAILOVA, I.; GUERRA, C. B.; RAVSKI, F. D. **Grandes indústrias e impacto ambiental: análise empírica e métodos de mensuração aplicados às indústrias da bacia do Piracicaba (MG)**. 2003. 25p. Texto para discussão ((Faculdade de Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- BURTON, J. D. Basic Properties and processes in estuaries chemistry. IN: BURTON, J. D.; LISS, P. S. **Estuarine Chemistry**. London: Academic Press, 1976. p. 1 - 36.
- CAMPBELL, J. Nitrogen excretion. IN: PROSSER, C. L. **Comparative animal physiology**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1973. p. 279 - 316.
- COELHO, L. F. S. Química analítica quantitativa. Pelotas: Escola Técnica Federal de Pelotas, 1990. 75p. **Polígrafo do curso técnico em química**.
- COWEL, E. B.; ANDERSON, J. W. Marine environmental research. **International Journal**. v.2, n.1979.
- DIÁRIO CATARINENSE **Maré alta afeta abastecimento de água em Itajaí (SC)**. 2003. Disponível em: < <http://www.conhecerparaconservar.org/opini%C3%A3o/not%C3%ADcias/descricao.asp?NewsID=1126> >. Acesso em: 11/22/2003.
- ELER, M. N.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; SENHORINI, J. A.; SERAFIM, Z. D. R.; BUFON, A. G. M. Avaliação do Impacto Ambiental de Pesque-pague na Bacia do Mogi-Guaçu. In: I Congresso Estadual de Comitês de Bacias Hidrográficas. 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo. CHREA/USP, 2001.
- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- FARIAS, C. E. G. **Mineração e o meio ambiente no Brasil**. 2002. Disponível em: < http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf >. Acesso em: 10/05/2003.
- FERNANDES, E. H. L.; NIENCHESKI, L. F. Um modelo de caixas simplificado para o estudo dos processos de transporte na região estuarina da Lagoa dos Patos (RS-Brasil). **Atlântica**. v.20, p. 73-85, 1998.
- FONSECA, J. M. **Arsênio contamina água de cidades históricas de Minas Gerais**. 2003. Disponível em: < <http://www.brasiloeste.com.br/noticia.php/268> >. Acesso em: 10/15/2003.
- FRANÇA, R. G. **Metais pesados nos sedimentos do sul da Lagoa dos Patos: Identificação do melhor normalizante geoquímico**. 1998. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 1998.
- GROTH, M. **Petrobras é alvo de nova ação**. 2000. Disponível em: < <http://an.uol.com.br/2000/ago/09/0ger.htm> >. Acesso em: 10/15/2003.
- HATJE, V.; BIRCH, G. F.; HILL, D. M. Spatial and Temporal Variability of Particulate Trace Metals in Port Jackson Estuary, Australia. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.53, n.63-77, 2001.
- HERMAN, L.; MEYER, F. P. Fish Kills Due Natural Causes. IN: **Field Manual for the Investigation of Fish Kills**. Uninated States Departament of Interior - Fish and Wildlife, 1990. p. 41 - 44.
- LAUTENSCHLÄGER, J. **Cidade: Águas do Laranjal liberadas para o banho**. 2003. Disponível em: < http://www.diariopopular.com.br/15_11_03/jl111101.html >. Acesso em: 11/28/2003.
- MANAHAM, S. E. **Environmental Chemistry**. USA: Lewis, 1994. 811p.
- MARTIN, J. M.; MEYBECK, M.; SALVADOR, F.; THOMAS, A. Pollution chimique des estuaries: état des connaissances. Centre National pour l'Exploitation des Oceans, 1976. 283p. **Série Report Scientifiques et**

Techbiques.

MICHEL, P.; BOUTIER, B.; CHIFFOLEAU, F. Net Fluxes of Dissolved Arsenic, Cadmium, Copper, Zinc, Nitrogen and Phosphorus from the Gironde Estuary (France). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.51, n.541-462, 2000.

MIERZWA, F. **A poluição das águas**. 2001. Disponível em: < <http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/material/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoII.pdf> >. Acesso em: 10/05/2003.

MIRLEAN, N.; NIENCHESKI, L. F.; BESNICK, B.; BAUMGARTEN, M. G. The Effect of Accidental Sulfuric Acid Leaking on Metal Distributions in Estuarine Sediment of Patos Lagoon. **Marine Pollution Bulletin**. v.42, n.11, p. 1114-1117, 2001.

MIRLEAN, N.; NIENCHESKI, L. F.; BESNICK, B.; BAUMGARTEN, M. G. The Effect of Accidental Sulfuric Acid Leaking on Metal Distributions in Estuarine Sediment of Patos Lagoon. **Marine Pollution Bulletin**. v.42, n.11, p. 1114-1117, 2001.

MOREIRA, L. **Poluição das águas**. 2002. Disponível em: < <http://www.poluentes.hpg.ig.com.br/poluicaoodasaguas.html> >. Acesso em: 10/05/2003.

MOREIRA-NORDEMANN, L. M. Análise química preliminar das águas de chuva de Cubatão - Impactos Ambientais. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. 1983, Blumenau. **Anais...** Blumenau. ABRH, 1983.

MORREL, J. M.; CORREDOR, J. E. Sediment Nitrogen Trapping in a Mangrove Lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. v.37, n.203-212, 1993.

NIENCHESKI, L. F.; BAUMGARTEN, M. G.; BESNICK, B.; BERNADELLI, H. C. O incidente com o navio Bahamas, carregado de ácido sulfúrico no porto da cidade de Rio Grande (RS): sua inundação e remoção. **Revista pesquisa Naval**. v.14, p. 197-207, 2001.

NIENCHESKI, L. F.; BAUMGARTEN, M. G.; BESNICK, B.; BERNADELLI, H. C. O incidente com o navio Bahamas, carregado de ácido sulfúrico no porto da cidade de Rio Grande (RS): sua inundação e remoção. **Revista pesquisa Naval**. v.14, p. 197-207, 2001.

NIENCHESKI, L. F.; MOLLER, O. J.; ODEBRECHT, C.; FILMANN, G. Distribuição espacial de alguns parâmetros físicos e químicos na Lagoa dos Patos - Porto Alegre a Rio Grande, RS. **Acta Limnologia Brasil**. v.11,

n.79-97, 1988.

NUNES, A. M. L. **A origem natural da poluição por cromo no Aquífero Adamantina, município de Urânia (SP)**. 2000. 199p. Doutorado em Geociências (Tese) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

O'CONNOR, D. J. The temporal and spatial distribution of dissolved oxygen in streams. **Water Resources**. v.3, n.65-79, 1967.

PENHALVER, A.; MUG, M. **Governo tenta resolver problema de espuma em Pirapora**. 2003. Disponível em: < <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2003/jul/04/242.htm> >. Acesso em: 07/04/2003.

PEREIRA, R. S. **Processos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, segundo o modelo Delft3D**. 2003. 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2003.

PEREIRA, R. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Avaliação dos processos químicos e físicos que regem a qualidade da água da Lagoa dos Patos, utilizando o modelo Delft3D. In: IV Encontro de Pós-Graduação. 2002, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande. FURG, 2002. p. 202.

PEREIRA, R. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Avaliação do restabelecimento das condições hidroquímicas após um acidente portuário: uso do modelo Delft3D. In: 2º Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental. 2003, Itajaí. **Anais...** Itajaí. UNIVALI, 2003. p. 468.

PIENIZ, L. P.; NEUMANN, P. S. Identificação dos custos ambientais - o caso do curtume Mombelli Ltda - Tapera/RS. In: VIII Congresso Brasileiro de Custos - a controladoria no novo contexto organizacional. 2001, São Leopoldo. **Anais...** São Leopoldo. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2001.

ROSA, M. L. **Concentrações de metais pesados na biota e sedimentos do estuário da Lagoa dos Patos**. 2002. 244p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2002.

SANTOS, A. S. **Tipos de Poluição**. 2002. Disponível em: < <http://www.ultimaarcadenoe.com.br/> >. Acesso em: 10/05/2003.

SARAIVA, E. **Perspectiva da utilização da cianobactéria *Aphanothece microscopica Nagelli* no tratamento de efluente da indústria de pescado**. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Fundação Universidade Federal do Rio

Grande, 2003.

SCARAMUCCIIN, J. A.; GUERRA, S. M. G.; BORDONI, O. R. J. A poluição na Billings: uma análise econômica. **Revista Brasileira de Energia**. v.4, n.1, p. 1995.

SCLIAR, M. **Minamata**. 2003. Disponível em: < <http://www.luispeaze.com/minamata.htm> >. Acesso em: 10/10/2003.

SILVA, M. O. S. **Análises físicos químicas para controle de estações tratamento de esgotos**. 1990.

SOUZA, M. M. **Refinaria da Petrobras contamina área do litoral**. 2002. Disponível em: < <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/dez/12/357.htm> >. Acesso em: 2003.

TEIXEIRA, O. A. Quando poluído e poluidores. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**. v.16, n.2, p. 53-68, 1999.

TRAIN, R. E. **Quality criteria for water**. Washington: EPA: Castle House, 1979. 255p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1998. 669p.

VINATEA ARANA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997. 166p.

VON SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. IN: **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 1995. p.

WAI, C. M.; MOK, W. M. **Arsenic speciation and water pollution associated with mining in the Couer D'Alene mining district Idaho**. Washington: University of Idaho, 1985. 79p.

YUNES, J. S.; NIENCHESKI, L. F.; CODD, G. A. **The effect of nutrient balance and physical factors on the occurrence, toxicity and control of cyanobacterial blooms in the Patos Lagoon, Brazil: a laboratory and field study**. Rio Grande: 1996. s/pp.