

# **QUALIDADE DE ÁGUAS:**

**DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS REFERIDOS  
NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

**Maria da Graça Zepka Baumgarten  
Simone Andréa Pozza**

# QUALIDADE DE ÁGUAS: DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS REFERIDOS NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

2.<sup>a</sup> edição  
Revisada e ampliada



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE-FURG

Reitor

DANILO GIROLDO

Vice-Reitor

RENATO DURO DIAS

Chefe de Gabinete do Reitor

JACIRA CRISTIANE PRADO DA SILVA

Pró-Reitor de Extensão e Cultura

DANIEL PORCIUNCULA PRADO

Pró-Reitor de Planejamento e Administração

DIEGO D'ÁVILA DA ROSA

Pró-Reitor de Infraestrutura

RAFAEL GONZALES ROCHA

Pró-Reitora de Graduação

SIBELE DA ROCHA MARTINS

Pró-Reitora de Assuntos Estudantis

DAIANE TEIXEIRA GAUTÉRIO

Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas

LUCIA DE FÁTIMA SOCOOWSKI DE ANELLO

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

EDUARDO RESENDE SECCHI

Pró-Reitora de Inovação e Tecnologia da Informação

DANÚBIA BUENO ESPÍNDOLA

#### **EDITORA DA FURG**

Coordenadora

CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

#### **COMITÊ EDITORIAL**

Presidente

DANIEL PORCIUNCULA PRADO

Titulares

ANDERSON ORESTES CAVALCANTE LOBATO

ANGELICA CONCEIÇÃO DIAS MIRANDA

CARLA AMORIM NEVES GONÇALVES

CLEUSA MARIA LUCAS DE OLIVEIRA

EDUARDO RESENDE SECCHI

ELIANA BADIALE FURLONG

LEANDRO BUGONI

LUIZ EDUARDO MAIA NERY

MARCIA CARVALHO RODRIGUES

Editora da FURG

Campus Carreiros

CEP 96203 900 – Rio Grande – RS – Brasil

editora@furg.br

Participante do PIDL



# QUALIDADE DE ÁGUAS: DESCRIÇÃO DE PARÂMETROS REFERIDOS NA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Maria da Graça Zepka Baumgarten  
Simone Andréa Pozza



Rio Grande  
2021

© Maria da Graça Zepka Baumgarten, Simone Andréa Pozza

2021

Imagens da capa: Fotografias da autora Maria da Graça Zepka Baumgarten.

Diagramação e arte da capa: Anael Macedo

Formatação e diagramação da segunda edição:

João Balansin

Gilmar Torchelsen

### Ficha catalográfica

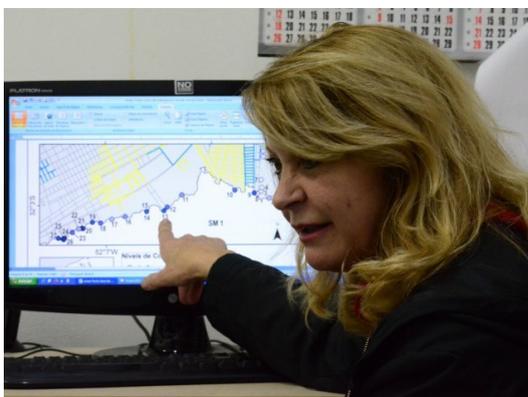
B348q Baumgarten, Maria da Graça Zepka.  
Qualidade de águas: descrição de parâmetros referidos na  
Legislação Ambiental [Recurso Eletrônico] / Maria da Graça Zepka  
Baumgarten, Simone Andréa Pozza. – 2. ed. rev. ampl. – Rio  
Grande, RS : Ed. da FURG, 2021.  
242 p. ; il.  
  
Modo de acesso: <http://repositório.furg.br>  
ISBN 978-65-5754-063-3 (eletrônico)  
  
1. Direito Ambiental 2. Recursos Hídricos 3. Estuário da Laguna  
dos Patos I. Pozza, Simone Andréa II. Título.

CDU 349.6

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos – CRB10/2344

A revisão da atualização e todas as opiniões e informações expressas são de inteira responsabilidade das autores da obra.

## Sobre as autoras



**Maria da Graça Zepka Baumgarten**: Graduada em Oceanologia (1977/FURG). Mestre em Oceanografia Biológica (1987/FURG). Professora Titular no Instituto de Oceanografia (FURG), onde ministra em regime de colegiado as disciplinas de Oceanografia Química (como responsável), no Curso de Oceanologia, e Química Ambiental, no Curso de Gestão Ambiental. Na pós-graduação em Oceanologia (PPGO) ministra a disciplina de Métodos de Análises em Oceanografia Química. Atua no Laboratório de Hidroquímica e coordena o Laboratório de Ensino de Oceanografia Química ([www.leoquim.furg.br](http://www.leoquim.furg.br)). [dqmmgzb@furg.br](mailto:dqmmgzb@furg.br). Fone: 053.32336797.



**Simone Andréa Pozza**: Graduada em Engenharia Química (2002/FURG). Mestrado (2005) e doutorado (2009) em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos. Pós-doutorado no DEQ-Universidade Federal de São Carlos, estudando a formação de nano-aerossóis. Atua nos seguintes temas: poluição atmosférica, material particulado e monitoramento ambiental. Professora Doutora (MS 3.2) em regime integral para ensino e pesquisa na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas (FT/Unicamp), onde é coordenadora do Programa de pós-graduação em Tecnologia (PPGT). [spozza@unicamp.br](mailto:spozza@unicamp.br).

“Abençoados aqueles que se sentem felizes ao ver uma flor desabrochar, um rio correr livre e limpo, a natureza seguir seu curso natural...”

Dedicamos este trabalho a todos aqueles que lutam pela preservação da natureza e pela recuperação dos recursos hídricos degradados

As autoras

## **AGRADECIMENTOS**

Aos colegas professores da FURG (Instituto de Oceanografia – IO), oceanólogos Dr. Luis Felipe Hax Niencheski e MSc. Maria Teresa de Albernaz Almeida, pelas incansáveis parcerias nas nossas atuações profissionais descritas neste *e-book*, em especial nos processos da Classificação e da Proposta de Enquadramento dos Recursos Hídricos da Parte Sul do Estuário da Laguna dos Patos, ocorridos na década de 90 e aqui referidos.

À equipe da Editora da FURG (Edigraf) que se envolveu nessa publicação com toda dedicação, interesse, carinho e empenho, em especial a Cleusa Oliveira, João Balansin, Cinthia Pereira e Gilmar Torchelsen.

A nossas famílias e, principalmente, a Deus.....

## PREFÁCIO

Este *e-book* descreve com uma linguagem simplificada e popular, o significado de cada constituinte (parâmetro) químico, físico ou microbiológico da água de um ambiente ou de efluentes. Aborda na descrição destes parâmetros, as consequências das alterações em suas concentrações normais, principalmente com relação àqueles parâmetros mencionados nas legislações ambientais.

Neste *e-book* foram aglutinadas as informações dispersas na bibliografia consultada, visando facilitar a consulta aos interessados no assunto, sejam profissionais, estudantes ou a comunidade em geral. É pretendido o fornecimento de um apoio bibliográfico em pesquisas relacionadas com a química ambiental e com a qualidade de águas e efluentes e a poluição das águas. Este *e-book* visa facilitar para os profissionais responsáveis por projetos ligados à avaliações da qualidade ambiental, a seleção de parâmetros mais adequados a serem analisados para a otimização e o atendimento dos objetivos pretendidos e o cumprimento das recomendações descritas nas legislações ambientais.

Os documentos que contém publicadas as legislações ambientais têm um acesso e uma distribuição relativamente restritos. Por isso, com o presente *e-book* fica facilitada a consulta às mesmas, que são apresentadas em anexos, reproduzidas integralmente.

Estas legislações focam os aspectos básicos dos requisitos da qualidade prevista legalmente para os ambientes hídricos, dependendo de seus usos, origens e vocações, além dos critérios para o lançamento de efluentes.

Além disso, este *e-book* apresenta integralmente o texto da Norma Técnica n° 03 da FEPAM (1995) aprovada pela Portaria n° 07 da SSMA (1995), quando particularmente cada ambiente aquático da parte sul do estuário da Laguna dos Patos (sul do Rio Grande do Sul) foi classificado e gerada uma proposta de enquadramento em diferentes classes de qualidade de águas, de acordo com seus usos e vocações.

Para essa classificação foram consideradas as características e particularidades mais importantes de cada ambiente hídrico classificado, visando melhor atender as necessidades da comunidade e melhor assegurar os usos preponderantes do ambiente em questão.

Como informação adicional são apresentados pareceres das autoras do *e-book* sobre o que deve ser alterado/corrigido/inserido sob o ponto de vista químico/ambiental, na pretensa e necessária atualização do processo da classificação e na aprovação da proposta do enquadramento do estuário da Laguna dos Patos.

## SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b> .....	8
<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 – Aspectos básicos sobre a classificação e o enquadramento de recursos hídricos....	12
<b>2 – OBJETIVOS E METODOLOGIA</b> .....	16
<b>3 – CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DESCRITOS NAS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS</b> .....	17
3.1 – Listagem dos parâmetros .....	18
3.2 – Nomenclaturas, fórmulas e significados dos parâmetros.....	20
<b>4 – A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO ESTUÁRIO DA LAGUNA DOS PATOS</b> .....	90
4.1 – O estuário da Laguna dos Patos .....	90
4.2. – O sul do estuário da Laguna dos Patos e sua inserção na Região Hidrográfica do Litoral (RS).....	92
4.3 – Características químicas das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos que foram classificadas.....	93
4.4 – Evolução temporal do processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.....	105
Norma Técnica nº 03/1995 .....	111
Portaria SSMA nº 07/1995.....	123
4.5 – Atividades promovidas em 1997, para a adequação do uso da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) em processos de classificação e enquadramento de recursos hídricos.....	124
<b>5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	127
5.1 – O processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.....	127
5.2 – Concluindo sobre a busca da qualidade das águas classificadas .....	131
<b>6 – GLOSSÁRIO</b> .....	136
<b>7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	148
<b>8 – ANEXOS</b> .....	153
<b>ANEXO 1</b> – Resolução nº 274 do CONAMA, de 29/11/2000. Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), que tratam da balneabilidade .....	153
<b>ANEXO 2</b> – Resolução nº 357 do CONAMA, de 17/03/2005, referente a Classificação e enquadramento dos Corpos Aquáticos do Território Nacional.....	157
Resolução nº 410 do CONAMA, de 04/05/2009. Prorroga o prazo para a complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes.....	186
<b>ANEXO 3</b> – Resolução nº 91 do CNRH (MMA), de 05/11/ 2008. Dispõe sobre procedimentos gerais para o Enquadramento dos Corpos de Águas Superficiais e Subterrâneos.....	187

<b>ANEXO 4</b> – Resolução nº 430 do CONAMA, de 13/05/2011. Dispõe sobre as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes. Complementa e altera a Resolução nº 357 do CONAMA, de 17/03/2005 .....	193
<b>ANEXO 5</b> – Portaria nº 2914 do MS, de 12/2011. Dispõe sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade .....	204
<b>ANEXO 6</b> – Resolução nº 355 do CONSEMA, de 13/07/2017. Dispõe sobre os Critérios e Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos, para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul .....	233

## 1 – INTRODUÇÃO

Os estudos da avaliação da qualidade de recursos hídricos podem ser baseados em amostragens das suas águas (como as continentais/doces, oceânicas/salinas, estuarinas/salobras, subterrâneas, intersticiais), ou dos efluentes neles lançados, ou da biota, ou dos sedimentos submersos e em suspensões. A partir disso, sendo estas amostras submetidas a análises químicas, e/ou biológicas e/ou físicas, geram para cada constituinte analisado (parâmetro ou variável da amostra) um resultado (valor ou concentração).

Cada resultado assim obtido pode ser comparado com o respectivo limite de concentração (ou de valor) recomendado nas legislações específicas. Esta estratégia permite a qualificação da composição das águas, sedimentos, efluentes ou de outro tipo de amostra analisada, e a avaliação dos níveis de conformidade legal ou da desconformidade da concentração avaliada. Portanto, diz-se que um resultado de um parâmetro analisado “está em conformidade”, quando estiver de acordo com o limite recomendado na legislação consultada.

Em cada legislação que foca a avaliação da qualidade ambiental são citados os parâmetros que devem ser analisados (algumas citam até dezenas) e seus limites de concentrações. Entretanto, estes são referidos apenas por seus nomes e por uma unidade de expressão do resultado. No caso dos parâmetros químicos (a maioria), as suas fórmulas não são apresentadas.

Em geral, nestas legislações também não consta a descrição do significado químico, ou físico, ou biológico, ou ecológico de todos parâmetros citados. Somente em algumas legislações, alguns poucos parâmetros são definidos

Dessa forma, dependendo da formação técnica de quem consulta estas legislações, isso pode dificultar a interpretação das consequências ambientais que uma desconformidade pode proporcionar. Exemplifica-se isso de forma bem usual e frequente, com o questionamento seguinte: “O que significa uma alta concentração de Nitrogênio amoniacal para a pretendida manutenção do equilíbrio ecológico de um recurso hídrico?”.

Tendo em vista que este e-book foca a qualidade de águas e de efluentes, ele apresenta a descrição e a caracterização sob vários enfoques, dos parâmetros referidos nas legislações ambientais. Descreve para cada parâmetro, o seu significado, os possíveis efeitos deletérios de seu excesso na água, entre outras abordagens. Além disso, descreve as nomenclaturas e fórmulas de cada parâmetro.

Na sequência, são citadas algumas legislações mais usuais para avaliar qualidade de águas e de efluentes, e para as identificações dos níveis de conformidade legal da

concentração dos parâmetros analisados em uma amostra. Estas legislações estão reproduzidas integralmente no final deste e-book, como anexos. São elas: Resolução nº 357 do CONAMA (2005, Anexo 2), que juntamente com a Resolução nº 91 do CNRH (2008, Anexo 3), são as bases dos processos de Enquadramento dos Corpos Hídricos do Território Nacional.

Além destas, estão apresentadas a Resolução nº 355 (CONSEMA, 2017 – SSMA/RS, Anexo 6) e a Resolução nº 430 (CONAMA, 2011, Anexo 4) referentes a critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos. Também deve ser considerada a Portaria nº 2914 (MS, 2011, Anexo 5) referente a padrões de potabilidade das águas para consumo humano e a Resolução nº 274 (CONAMA, 2000, Anexo 1), referente a padrões de balneabilidade. Nos anexos elas são apresentadas em ordem cronológica de publicação.

### **1.1 – Aspectos básicos sobre a classificação e o enquadramento de recursos hídricos.**

Existem vários instrumentos de gestão para reger a utilização e garantir atendimento e o acesso a um recurso hídrico, visando ao máximo a sua preservação e a melhoria contínua da sua qualidade (OPERSAN, 2016).

O processo do “enquadramento” é uma ação de gestão que visa garantir que a qualidade da água seja compatível com a sua demanda, de acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH – Lei nº 9.433/97). Entende-se por “enquadramento” de um recurso hídrico natural o estabelecimento do nível de qualidade da sua composição a ser cumprido e exigido ao longo do tempo para as águas, descrito pela **Agência Nacional de Águas**, no Portal da Qualidade das Águas: Bases Conceituais (em **ANA**, sem data). O link e os detalhes desta citação está no item deste e-book “Referências Bibliográficas”.

O enquadramento de um recurso hídrico não significa necessariamente que é a qualidade atual de suas águas (**o que se tem**), mas a qualidade que se deseja atingir (**o que se quer e o que se pode**). Por isso, o enquadramento é um instrumento de política pública voltado para o planejamento. A indicação da meta de qualidade desejada para um recurso hídrico específico, permite também planejar as ações necessárias para que tal meta possa ser atingida (ANA, op cit).

No processo do “enquadramento de águas”, dependendo do tipo, do uso preponderante e do destino dos recursos hídricos naturais, inicialmente esses são isoladamente “classificados” em uma das diferentes “Classes de Qualidade de Águas”, descritas nas resoluções ambientais, específicas para servirem de base para os enquadramentos. Atualmente são usadas a Resolução nº 357 do CONAMA de 2005 (Anexo 2), que “Dispõe sobre a **classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**, bem como estabelece as condições e **padrões de lançamento de efluentes**, e dá outras providências”, e a Resolução do CNRH nº 91 de 2008 (Anexo 3), que “Dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos”.

A “classificação do recurso hídrico em questão” refere-se a qualificação das águas doces, salobras e salinas, identificando e definindo qual a classe de qualidade de águas que o referido ambiente pertence ou deve pertencer. Sendo assim, se estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido em um segmento do recurso hídrico ao longo do tempo (Quadro 1).

O processo da “classificação” de cada recurso hídrico em particular e individual é necessário para o seu enquadramento. Possibilita um maior controle da poluição e a avaliação da evolução da qualidade do recurso hídrico classificado, na busca da garantia de que esta qualidade esteja de acordo com sua utilização (OPERSAN, 2016).

Por isso, para cada classe de qualidade de água, o limite aceitável e recomendado de concentração de cada constituinte da água (limite máximo ou mínimo, dependendo do parâmetro) pode variar entre as diferentes classes de qualidade de águas apresentadas nas legislações específicas. Estes limites podem ser mais tolerantes para as classes menos exigentes, “menos nobres”, como exemplo a navegação e o resfriamento de máquinas e limpezas. São mais exigentes quando destinadas a usos “mais nobres”, como para consumo direto, ou com tratamento simplificado.

A classificação de cada recurso hídrico depende do tipo do uso e do destino previsto para as águas a serem enquadradas (Quadro 1). Representa **o que se quer, na dependência de “para o que se quer”**.

**Quadro 1-** Classes de enquadramento e os respectivos tipos de usos e de qualidade da água, com base na Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Extraído do Portal da Qualidade das Águas: Bases Conceituais (ANA, 2010).



Fonte: extraído do link <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/CursoEnquadramentoPortal2010.pdf>.

Reproduzindo o parecer descrito no Portal acima mencionado no Quadro 1:

“Entender a classificação do recurso hídrico também é importante para todo profissional responsável pela gestão de resíduos empresariais. Empresas que contam com estações de tratamento próprias necessitam conhecer os limites de concentrações e os parâmetros restritivos da classe que foi atribuída ao recurso hídrico que receberá o efluente tratado. Isso se explica porque o efluente não deverá prejudicar a qualidade exigida para este recurso hídrico classificado”.

A não observância das exigências da classificação pode gerar penalidades de acordo com a legislação vigente, além de acarretar em danos institucionais e, especialmente prejuízos para o meio ambiente e para os usos previstos para as águas classificadas.

Conforme apresentado no Portal da Qualidade das Águas: Bases Legais (ANA, sem data), o enquadramento é influenciado por questões técnicas, sociais e políticas. Este processo deve considerar todos estes aspectos, para que sejam estabelecidas metas de qualidade das águas, factíveis de serem alcançadas no horizonte do planejamento estabelecido. Se forem metas muito ambiciosas, os custos podem ser excessivamente altos e de difícil realização. Isso está dentro do aspecto “**o que se pode**”. Se as metas forem muito modestas, algumas situações de degradação da qualidade das águas podem se tornar irreversíveis, impedindo os usos múltiplos das águas.

O enquadramento precisa representar a expectativa da comunidade sobre a qualidade da água desse recurso hídrico. Além disso, definir o nível de investimento necessário para que o objetivo da qualidade da água seja cumprido. A **comunidade precisa estar ciente** de que objetivos de qualidade de muita excelência requerem pesados investimentos financeiros.

O enquadramento é um processo decisório, onde estão em jogo a qualidade da água (que condiciona seus usos), as cargas poluidoras e os custos para a redução da poluição. Quanto melhor a qualidade desejada para a água, menores devem ser as cargas poluidoras e maiores serão os custos para tratamentos dos efluentes nela lançados.

Segundo o Portal da Qualidade das Águas: Bases Conceituais (extraído de ANA, 2007 e de: ANA, sem data), a decisão final sobre o enquadramento de um recurso hídrico é de caráter regional, ou seja: deve ser tomado no âmbito do **SINGREH** (Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos) da Bacia Hidrográfica, a qual o recurso pertence.

Em ANA (2007) foram obtidas as informações sobre o SINGREH. Ele tem como objetivo coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar administrativamente os conflitos relativos aos recursos hídricos, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso da água. Integram o SINGREH, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - **CNRH**, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, os Comitês de Bacias Hidrográficas, as agências de água como a ANA e os órgãos dos poderes públicos Federal, Estaduais, do Distrito Federal e Municipais, cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos.

O CNRH é o órgão deliberativo e normativo mais elevado na hierarquia do SINGREH, em termos administrativos, ao qual cabe decidir sobre as grandes questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto.

Na maioria dos estados do Brasil, a aprovação da proposta de enquadramento e seu encaminhamento ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos ou órgão similar, cabe ao Comitê da Bacia Hidrográfica em questão, ou organização similar. **Este comitê é o responsável pela**

**aprovação da proposta de enquadramento em classes de usos dos recursos hídricos (classificação dos mesmos)**, elaborada pela Agência da Bacia em questão, para posterior encaminhamento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos Nacional ou Estadual, de acordo com o domínio do recurso hídrico classificado.

Mais que uma simples classificação, o processo do enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento. Este deve estar baseado não necessariamente na condição atual do corpo d'água, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos no corpo d'água para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade.

Este processo é referência para os demais **instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga, cobrança)** e instrumentos de **gestão ambiental (licenciamento, monitoramento)**, sendo um importante elo entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (extraído de ANA, Portal da Qualidade das Águas: Bases Conceituais, sem data). **O enquadramento permite a integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos** (Quadro 2).

**Quadro 2 – Abordagens a serem questionadas no processo de enquadramento.** Extraído do Portal da Qualidade das Águas: Bases Conceituais (ANA, 2010).

Ministério do Meio Ambiente	
ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	
Principais questões do processo de enquadramento	
Quais os usos dos recursos hídricos (atuais e futuros) pretendidos pela sociedade para o corpo d'água ?	
Qual a condição de qualidade atual do corpo d'água (classe de enquadramento) ?	
Qual a classe de enquadramento necessária para atender os usos pretendidos ?	
Quais parâmetros de qualidade da água são prioritários para atender os usos pretendidos ?	

Ministério do Meio Ambiente	
ANA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS	
Principais questões do processo de enquadramento	
Quais as fontes de poluição que causam a alteração destes parâmetros?	
Quais as ações necessárias para reduzir a poluição à um nível compatível com os usos pretendidos ?	
Quais os custos e o tempo necessário para implementação destas ações ?	
Quais as fontes de recursos ?	

Fonte: extraído do link <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/CursoEnquadramentoPortal2010.pdf>.

É indiscutível a importância dos processos de classificação e enquadramento para alcançar a preservação de recursos hídricos. É necessária, também, a efetivação de projetos que visem monitoramentos e avaliações da qualidade das águas destes recursos, principalmente daqueles que foram enquadrados, e em complementação, de efluentes que neles possam aportar ou aportem.

A efetivação do enquadramento consiste num conjunto de medidas necessárias para **colocar e/ou manter a condição de qualidade** de um segmento de um ambiente aquático, em correspondência com a os critérios (como os limites de concentrações) exigidos para a classe no qual ele foi classificado.

Nesse sentido, a Resolução nº 91 do CNRH de 2008 (Anexo 3), em seu Artigo 7º, recomenda que:

“O programa para efetivação do enquadramento, como expressão de objetivos e metas articulados ao correspondente plano de bacia hidrográfica, quando existente, deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso que compreendam”.

As abordagens acima descritas evidenciam a complexidade da concretização e do processo do enquadramento de um determinado recurso hídrico, que envolve em destaque, a sua classificação e a efetivação e aprovação deste processo.

## 2 – OBJETIVOS E METODOLOGIA

Por ter um formato didático, este e-book basicamente se propõe a fornecer uma ferramenta para servir de suporte para abordagens acadêmicas ou de gestão, sobre as qualidades de águas e de efluentes relacionadas às respectivas legislações ambientais. Portanto, ele se destina a vários tipos de profissionais e estudantes atuantes nos temas relacionados com a química ambiental e com a qualidade das águas, e as consequências da contaminação e poluição. É um apoio bibliográfico, principalmente para aqueles que não são diretamente familiarizados com termos de química ambiental e hidroquímica.

A descrição de cada parâmetro citado nas legislações que está apresentada neste e-book, pode também facilitar a seleção daqueles parâmetros mais adequados para análises em cada ambiente. Isso pode resultar no mais efetivo atendimento dos objetivos pretendidos pelo trabalho proposto, com otimização de recursos e do tempo utilizado na elaboração dessa acima referida seleção. Para tanto, devem ser selecionados os parâmetros cujas concentrações **tenham chances de estarem em desconformidade** com a legislação, em função dos possíveis aportes que estejam ocorrendo no recurso hídrico.

As reproduções das legislações ambientais no final do e-book como anexos é a estratégia para facilitar a consulta às mesmas.

Neste e-book, a aglutinação das informações acima referidas foi estruturada com base em que, no geral, as publicações que contém este tipo de informação estão dispersas e

fragmentadas em sites e bibliografias específicas, de diferentes níveis técnicos (páginas digitais ou *internet* ou artigos científicos), que nem sempre são de fácil acesso fora do meio acadêmico.

Em termos metodológicos para o desenvolvimento de todos assuntos abordados neste e-book, foi feita uma ampla revisão bibliográfica em livros e artigos técnicos nacionais e internacionais, e em sites muito diversificados, referentes a cada assunto focado. Ao longo do e-book, as referências estão identificadas onde foram citadas.

Além disso, neste e-book também há um “estudo de caso”, ou seja: o relato de todo o andamento do processo da classificação e da proposta de enquadramento da parte sul do estuário da Laguna dos Patos (sul do Rio Grande do Sul). Isso está apresentado com o propósito de exemplificar para os leitores, de forma simplificada, como se desenvolveu um processo de classificação de um recurso hídrico e a a proposta de seu enquadramento.

Além do conteúdo acima mencionado, foram acrescentados neste e-book alguns pareceres e sugestões pessoais das autoras. Isso se referiu ao que deve ser alterado/corrigido/inserido, sob o ponto de vista químico/ambiental, na necessária e urgente atualização do processo da classificação e da proposta do enquadramento das águas deste estuário, já que esse processo é antigo, pois foi feito em 1995. Além do mais, essa classificação foi baseada na Resolução nº 20 do CONAMA (1986), que está extinta, e atualmente substituída/revogada pela Resolução nº 357 do CONAMA, de 2005 (Anexo 2).

### **3 – CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DESCRITOS NAS LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS.**

Nas Resoluções do CONAMA nº 20 (1986) e, atualmente na de nº 357 (2005), ambas usadas nos processos de classificação e enquadramento dos ambientes hídricos do Território Nacional, os parâmetros estão oficialmente listados com os títulos de “Parâmetros”, “Parâmetros Inorgânicos” e “Parâmetros Orgânicos”. Eles estão oficialmente citados em ordem alfabética, sem nenhuma distinção de suas características dentro de cada um destes grupos químicos.

Além disso, nestas legislações alguns parâmetros orgânicos são mencionados com seus nomes químicos estruturais, outros são citados com nomes populares e outros, citados com seus nomes comerciais (exemplo: um parâmetro é citado como 1,2-dicloetano e, outro é citado pelo seu nome comercial “Gution”). Conforme já enfatizado anteriormente, isso pode dificultar a consulta a estas legislações, principalmente por pessoas atuantes em outras áreas, além da química.

Nesse sentido, este e-book tem uma apresentação diferenciada das listagens oficiais dos parâmetros nas legislações ambientais, na busca de facilitar e popularizar a consulta. Ele apresenta a descrição dos parâmetros **em ordem alfabética** e tecnicamente simplificada, sem divisão entre parâmetros orgânicos e inorgânicos. Para cada parâmetro está citado inicialmente o nome que o mesmo está referido nas legislações ambientais, seguindo-se de sua **fórmula química, a qual não consta nos textos originais das legislações**. Além disso, para alguns

parâmetros, está apresentado um segundo nome para sua identificação, ou é citado o seu nome popular, quando esse existe.

Abaixo do nome de cada parâmetro consta neste e-book a descrição do seu significado, das suas características e das consequências de seu excesso no ambiente aquático ou de sua desconformidade com a respectiva legislação ambiental.

Detalhando e exemplificando como está apresentada esta descrição, informa-se que o item “Metais” foi dividido em subitens referentes à descrição de cada um dos diferentes metais e seguindo a ordem alfabética do nome deles, considerados nas legislações ambientais. O item “Pesticidas” foi dividido nos subitens “Inseticidas” e “Herbicidas” e o item “Resíduos” foi dividido nos subitens referentes a cada tipo de resíduo analisado.

Os compostos “Nitrogenados” e “Sulfurosos” foram divididos nos subitens que descrevem as diferentes formas de compostos dissolvidos e o item “Oxigênio” contemplou subitens descrevendo parâmetros relacionados às demandas deste gás.

### 3.1 – Listagem dos parâmetros

Esta listagem se apresenta com o mesmo nome que cada parâmetro está citado nas legislações ambientais e com as respectivas unidades analíticas de concentrações. As fórmulas de cada parâmetro acompanham suas descrições apresentadas a seguir:

<b>Parâmetros</b>	<b>Página</b>
- Acrilamida (µg/L).....	21
- Alcalinidade (mEq H <sup>+</sup> /L; mM ou mmol/L).....	21
- Antimônio (mg/L Sb).....	22
- Arsênio (mg/L As).....	23
- Benzeno (mg/L).....	23
- Benzidina (µg/L).....	24
- Benzo(a)antraceno (µg/L).....	24
- Benzo(a)pireno (µg/L).....	26
- Benzo(b)fluoranteno (µg/L).....	26
- Bifenilas policloradas (PCB's) (µg/L).....	26
- Boro (mg/L B).....	27
- Cianetos (mg/L CN <sup>-</sup> ).....	28
- Cianobactérias (Densidade de) (cel/mL ou mm <sup>3</sup> /L)....	28
- Cloro (mg/L Cl), Clorito (mg/L ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) e Cloretos (mg/L Cl <sup>-</sup> ).....	31
- Clorofila (µg/L).....	32
- Coliformes (bactérias).....	33
- Cor (mg/L Pt/Co).....	34
- Criseno (µg/L).....	34
- Dibenzo(a,h)antraceno (µg/L) .....	35
- 1,2-dicloroetano – DCE (mg/L).....	35
- 1,1-dicloroetano (mg/L).....	35
- 2,4-diclorofenol – DCP (µg/L).....	35
- Diclorometano (mg/L).....	36
- Dureza (mg/L).....	36
- Estireno (µg/L).....	37
- Etilbenzeno (µg/L).....	38
- Fenóis (mg/L) .....	38

<b>Parâmetros</b>	<b>Página</b>
- Fluoretos (mg/L F <sup>-</sup> ).....	39
- Fósforo total (mg/L ou µM de P-total), Polifosfatos e Fosfato (mg/L ou µM P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , que significa P na forma de fosfato).....	39
Gás carbônico (mg/L CO <sub>2</sub> ).....	40
Hexaclorobenzeno – HCB (µg/L).....	41
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/L).....	42
<b>Metais na água</b> .....	<b>42</b>
• Alumínio (mg/L Al).....	43
• Bário (mg/L Ba).....	43
• Berílio (mg/L Be).....	44
• Cádmio (mg/L Cd).....	44
• Chumbo (mg/L Pb).....	45
• Cobalto (mg/L Co).....	45
• Cobre (mg/L Cu).....	46
• Cromo (mg/L Cr).....	47
• Estanho (mg/L Sn).....	47
• Ferro (mg/L Fe) e Manganês (mg/L Mn).....	48
• Lítio (mg/L Li).....	49
• Mercúrio (mg/L Hg).....	49
• Níquel (mg/L Ni).....	51
• Prata (mg/L Ag).....	51
• Tálcio (mg/L Ta).....	52
• Urânio (mg/L U).....	52
• Vanádio (mg/L V).....	53
• Zinco (mg/L Zn).....	53
Microcistina .....	54
Nitrogenados (compostos).....	54
• Nitrogênio amoniacal (NH <sub>3</sub> ou amônia, somado ao NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ou íon amônio) (mg/L ou µM de N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , que significa N na forma de amônio).....	55
• Nitrito (mg/L ou µM N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , que significa N na forma de nitrito).....	56
• Nitrato (mg/L ou µM de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , que significa N na forma de nitrato).....	57
Óleos e graxas (mg/L) .....	57
Oxigênio dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> ) e suas demandas.....	58
• DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> ).....	59
• DQO (mg/L O <sub>2</sub> ).....	60
Pesticidas: inseticidas e herbicidas.....	61
I – Inseticidas.....	62
a) Hidrocarbonetos clorados ou organoclorados.....	62
• Aldrin, Dieldrin e Endrin (µg/L).....	62
• Clordano (µg/L).....	63
• DDT (µg/L).....	63
• Endosulfan (µg/L).....	64
• Heptacloro e Epóxido de heptacloro (µg/L).....	65
• Lindano (µg/L).....	66
• Metoxicloro (µg/L) .....	67
• Toxafeno (µg/L).....	67
• Dodecacloro pentaciclodecano – Mlrex (µg/L).....	68
b) Compostos fosforados ou inseticidas organofosforados.....	68
• Demeton (µg/L).....	68
• Gution ou Azinfos-metil (AZM)(µg/L).....	69

<b>Parâmetros</b>	<b>Página</b>
• Malation (µg/L).....	70
• Paration (µg/L).....	70
c) Carbamatos.....	71
• Carbaril (Sevin) (µg/L).....	71
II – Herbicidas.....	72
Ácidos fenóxi-alifáticos.....	72
• 2,4-D (µg/L).....	72
• 2,4,5-TP (µg/L).....	72
• 2,4,5-T (µg/L).....	72
• Alacloro (µg/L).....	73
• Atrazina (µg/L).....	73
• Glifosato (µg/L).....	73
• Pentaclorofenol (µg/L).....	75
• Simazina (µg/L).....	75
• 2,4,6-triclorofenol (mg/L).....	76
• Trifuralina (µg/L).....	77
Potencial hidrogeniônico/pH.....	77
Resíduos e sólidos (mg/L).....	79
• Sólidos dissolvidos totais (SDT) .....	79
• Sólidos (ou materiais) sedimentáveis (SS).....	79
• Resíduos.....	79
• Resíduo total (ou Sólidos totais-ST) (mg/L).....	80
• Resíduos fixos (ou Sólidos fixos – SF).....	80
• Resíduos voláteis (ou Sólidos voláteis – SV).....	80
• Material em suspensão (MS).....	80
Sabor e odor.....	81
Salinidade.....	81
Selênio (mg/L).....	82
Substâncias tensoativas (como os detergentes) (mg/L).....	83
Sulfurosos (compostos).....	84
• Sulfetos (mg/L S <sup>2-</sup> ).....	84
• Sulfatos (mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	85
Temperatura (°C).....	86
Tetracloroeto de carbono (mg/L).....	86
Tetracloroeteno e Tricloroeteno (mg/L).....	87
Tolueno (µg/L).....	87
Tributilestanho (TBT) (µg/L).....	88
Triclorobenzeno (mg/L).....	89
Turbidez (UNT).....	89
Xileno (µg/L).....	90

### 3.2 – Nomenclaturas, fórmulas e significados dos parâmetros.

As informações abaixo descritas para cada parâmetro tem caráter essencialmente didático. Foram extraídas de sites e de bibliografias específicas dos mais diferentes níveis técnicos. Estas fontes de pesquisa estão citadas quando referidas. Além disso, as informações foram, em geral, obtidas em consultas específicas no site <https://pt.wikipedia.org/wiki>. **Este é o caso de quando não há referências específicas nas descrições de cada parâmetro.**

## ACRILAMIDA (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO)

É também chamada de Pop-2-enamida, sendo uma substância pertencente ao grupo orgânico das amidas, que apresenta uma cadeia carbônica insaturada (ligação *pi* entre carbonos). É um sólido cristalino branco, sem odor, solúvel em água, etanol, éter e clorofórmio.

A Acrilamida é uma substância química usada na produção da Poliacrilamida (seu polímero), a qual tem sido empregada no tratamento de água potável e águas de reuso para remover partículas e outras impurezas. A Poliacrilamida combinada com o material sólido torna mais fácil a filtragem da água para a remoção de substâncias particuladas indesejáveis.

Após o tratamento para a potabilidade da água, normalmente restam apenas níveis muito baixos de Acrilamida e Poliacrilamida.

A Poliacrilamida é também utilizada na produção de colas, de papel, de cosméticos e, ainda, em construção, nas fundações de represas e túneis. Além disso, pode ser produzida em alguns alimentos preparados em altas temperaturas. Aparentemente, os níveis aumentam em proporção à duração do aquecimento. Os mais altos níveis foram encontrados em alimentos ricos em amido (batatas e produtos de cereais).

A Acrilamida é formada no alimento, em temperaturas geralmente acima de 120°C, principalmente pela reação da Asparagina (aminoácido) com um açúcar redutor (particularmente a glicose e frutose) como parte da Reação de Maillard. Outra importante fonte de Acrilamida é encontrada nos cigarros e pode favorecer o desenvolvimento de câncer nos fumantes, com destaque nos pulmões.

## ALCALINIDADE

Este parâmetro químico, apesar de sua importância na avaliação da qualidade de ambientes aquáticos, não está referido nas legislações ambientais do CONAMA, referentes a qualidade de águas naturais. Representa a capacidade que um sistema aquoso tem para neutralizar ácidos fortes. É definida como a medição da capacidade da água de neutralizar um ácido até um pH desejado.

A alcalinidade é devida principalmente aos carbonatos e bicarbonato e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia, ainda que muitas reações químicas entre constituintes da água possam contribuir com a alcalinidade (Vinatea Arana, 1997). A alcalinidade pode se originar através da dissolução de rochas.

De acordo com Sawyer & McCarty (1978), a alcalinidade total é a soma dos componentes da água que tendem a elevar o pH à valores maiores que 4,5 (Train, 1979). Portanto, é a soma de todos os compostos tituláveis com caráter básico. As diversas espécies de alcalinidade dependem do valor do pH, da composição mineral, da temperatura e da força iônica da água.

O aumento da alcalinidade é frequentemente acompanhado de excessiva elevação de pH e, geralmente, não é consequência da atividade humana. Em muitas regiões, a alta

alcalinidade do solo resulta em água alcalinas na região.

Águas mais alcalinas favorecem a precipitação de carbonatos, geológica ou biologicamente (formação de conchas). Assim, em águas eutrofizadas (com florações de algas), torna-se mais comum o aparecimento de carbonatos e hidróxidos.

A alcalinidade de hidróxidos em águas naturais tem sua principal fonte vinda da descarga de efluentes industriais não tratados contendo bases fortes. A alcalinidade de hidróxidos também pode ser observada em águas tratadas com cal.

Em geral, considera-se pelo menos três tipos de alcalinidade: o primeiro tipo refere-se à concentração total de  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{H}_2\text{BO}_3^-$  (**alcalinidade total** ou ao indicador químico alaranjado de metila). O segundo refere-se à concentração de  $\text{OH}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  (**alcalinidade parcial** ou à fenolftaleína, que também é um indicador) e o terceiro, à concentração de  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  (**alcalinidade a carbonatos**) (Esteves, 1998).

O valor da alcalinidade pode entrar no cálculo do  $\text{CO}_2$  total dissolvido, o qual é utilizado para determinar o metabolismo do carbono no ecossistema. A determinação da alcalinidade é importante para o controle do processamento de águas naturais e de despejos. A alcalinidade é modificada por qualquer processo envolvendo produção ou eliminação de íons  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  e bases de ácidos fracos. Os limites esperados para análise de alcalinidade a carbonatos são de 10 a 500mg/L  $\text{CaCO}_3$  (Silva, 1990). Nas águas brutas, varia de 10 a 30mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

A não ser quando é devida à presença de hidróxidos, a alcalinidade não constitui um problema isolado na água, desde que não influencie na salinidade, pois nesse caso, pode trazer sabor desagradável.

### ANTIMÔNIO (Sb)

É também chamado Estíbio, sendo um elemento químico que à temperatura ambiente está no estado sólido. É um semi-metal (metalóide), e sua forma estável tem coloração branca azulada. O antimônio negro e o amarelo são formas não metálicas instáveis. O antimônio é empregado principalmente em ligas metálicas e em alguns de seus compostos para dar resistência contra o fogo, em pinturas, cerâmicas, esmaltes, vulcanização da borracha e fogos de artifício. Ele se parece aos metais no aspecto e nas propriedades físicas, mas quimicamente não se comporta como eles.

As estimativas sobre a abundância de antimônio na crosta terrestre vão desde 0,2 a 0,5mg/L (ppm). O antimônio ocorre associado com o enxofre e outros metais como chumbo, cobre e prata. O antimônio tem uma crescente importância na indústria de semicondutores para a construção de diodos e de detectores infravermelhos.

Usado como liga, este semi-metal incrementa muito a dureza e a força mecânica do chumbo. Também é empregado em diferentes ligas como peltre, metal antifricção (liga com estanho), metal inglês (formado por zinco e antimônio). Pode ser aplicado em: baterias e acumuladores; tipos de imprensa; revestimentos de cabos; rolamentos; fabricação de

medicamentos para tratamento da Leishmaniose.

O trióxido de antimônio é o mais importante e é usado principalmente como retardante de chama (antifogo). É usado também na produção de diversos produtos como roupas, brinquedos, cobertas de assentos.

É encontrado na natureza em numerosos minerais, apesar de ser um elemento pouco abundante. Embora seja possível encontrá-lo livre, normalmente está na forma de sulfetos. Um importante minério de antimônio é a Antimonito (também chamada de Estibino).

O antimônio e muitos de seus compostos são tóxicos. A toxicidade do antimônio depende do seu estado químico. O antimônio metálico é relativamente inerte, no entanto, o Estibino é mais tóxico. A toxicidade dos outros compostos do elemento pode ser classificada entre estes dois extremos.

O manuseio do antimônio e dos seus compostos deve ser feito em ambientes devidamente ventilados para evitar a contaminação atmosférica ou causar dermatites.

### ARSÊNIO (As)

É um semimetal ou metalóide (tem propriedades intermediárias entre os metais e os ametais). Pode se apresentar na forma de dois óxidos, sendo que a forma trivalente ( $\text{AsO}_3$ ) é mais tóxica do que a pentavalente ( $\text{AsO}_5$ ). O  $\text{AsO}_3$  é também conhecido como Arsênico e, antigamente, foi utilizado como formicida, sendo também usado na formulação de herbicidas (Train, 1979). É usado nas fabricações do acetileno, de corantes, no tratamento de minerais como a pirita de ferro arsenífero, de minerais sulfurosos de cobre e de outros minerais. Usado, também, na preservação de madeira (Martin *et al.*, 1976).

O arsênio pode ser produto de atividades de mineração e de queima de carvão mineral. 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 (Manahan, 1994). Os compostos do arsênio, em doses relativamente elevadas, são venenosos e carcinogênicos, porém em muito pequenas doses podem ser utilizados no tratamento da sífilis (Coelho, 1990). Na água do mar as concentrações são tóxicas a partir de  $10\mu\text{g/L}$  (Martin *et al.*, 1976).

No homem, os sintomas de ingestões amenas desse veneno são a fadiga e a perda de energia. Em intoxicações severas são observados catarros gastrointestinal, degenerações do rim e tendência a edema (Train, 1979).

### BENZENO ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )

Composto químico com 6 carbonos, que faz parte de alguns inseticidas, como o BHC (Benzenohexacloro). Outra origem deste hidrocarboneto aromático em águas de superfície pode ser derrames acidentais de óleos e outros combustíveis, provavelmente a partir de tanques de estocagens, de resíduos industriais e de efluentes domésticos não-tratados.

É muito significativa a toxicidade do Benzeno para a saúde humana. Quando inalado, é absorvido pelo sangue, indo para o tecido adiposo. Esse composto é irritante da pele, causando edemas (acumulação de fluídos) (Ware, 1991). O envenenamento crônico pelo Benzeno causa anomalias sanguíneas (aumento dos linfócitos), anemia e leucemia (Manahan, 1994).

#### BENZIDINA ( $C_{12}H_{12}N_2$ ou $C_6H_4(NH_2)_2$ )

É uma base cristalina branca ou cinza-avermelhada, produzida comumente por uma série de reações de nitrobenzeno, sendo uma mistura de substâncias. É também chamada de 4,4'-diaminobifenilo (nome sintético), sendo uma diamina aromática primária.

A Benzidina é também conhecida por Reagente de Adler-Ascarelli. É usada principalmente no fabrico de corantes, na análise química e na detecção de manchas de sangue.

É um composto reconhecidamente cancerígeno e mutagênico e está presente em algumas centenas de composições de tintas.

#### BENZO(a)ANTRACENO ( $C_{18}H_{12}$ )

É um contaminante derivado da combustão incompleta do material orgânico. Esse composto é hidrocarboneto poliaromático (HPA) que apresenta quatro anéis aromáticos.

O Benzo(a)antraceno é um composto químico apolar, o que limita a sua reação e solubilidade na água. Porém, diferentes reações podem ocorrer, como a oxidação, quando ocorre a combinação dos hidrocarbonetos com o oxigênio, formando compostos hidrossolúveis.

As propriedades físicas e químicas do Benzo(a)antraceno, assim como de todos os HPAs são bastante influenciadas pelo sistema de duplas ligações conjugadas presentes nas estruturas desta classe de compostos, e são fundamentais para descrever a dinâmica e as reações desse composto no meio ambiente.

A partir das propriedades deste composto, é possível determinar que ele é sólido à temperatura ambiente. Este composto tende a ir muito pouco para a atmosfera, devido à baixa pressão de vapor e também à baixa Constante de Henry. O volume deste composto que vai para a atmosfera é encontrado tanto como vapor livre quanto adsorvido em partículas, que serão transportadas e estarão sujeitas ao assentamento gravitacional e à limpeza pela chuva e pela neve.

Este composto é solúvel em solventes orgânicos e é altamente lipofílico. Por isso, tende a se acumular em tecidos lipídicos de plantas e animais. Com relação às plantas, este composto concentra-se mais na superfície (peles e folhas) do que nos tecidos internos.

Tem um importante potencial de adsorção sobre as matérias particuladas em suspensão no ar e a água, bem como um forte potencial de bioacumulação nos organismos.

A contaminação de rios, mares e florestas e, também da atmosfera por Benzo(a)antraceno pode causar diversos danos irreparáveis à natureza e à saúde humana.

Esse composto pode agir sobre os organismos diretamente ou através de seus derivados. A exposição biótica ao Benzo(a)antraceno pode ocorrer pela inalação, pela pele ou pela ingestão de alimentos ou de água contaminada. Nos seres humanos podem ser acrescentadas outras vias de exposição, tais como: hábito de fumar, inalação (passiva) de fumaça de cigarros e a exposição ocupacional em atividades ou processos que envolvam a produção ou manuseio de matérias-primas que sejam compostas por essa substância.

O Benzo(a)antraceno é um composto mutagênico para uma ampla variedade de organismos, que incluem invertebrados, peixes, anfíbios, aves, mamíferos e o ser humano, podendo causar modificações da proliferação de tecidos, como da medula óssea, dos órgãos linfáticos, das gônadas e do epitélio intestinal. Esse composto é cancerígeno, principalmente quando o organismo é exposto a ele pela via respiratória e/ou dérmica, podendo provocar tumoração em animais e mutação em bactérias.

O caráter lipofílico do Benzo(a)antraceno permite que ele entre com bastante facilidade nas membranas celulares, permitindo que se acumule em diversos tecidos. Ele é metabolizado em compostos mais hidrossolúveis, o que facilita a sua eliminação através da excreção pelo sistema digestivo e pelos rins.

As plantas também podem absorver Benzo(a)antraceno. A principal via de exposição é a atmosfera, acompanhada em segundo lugar pelo solo. Assim, as plantas de folhas largas contêm geralmente mais Benzo(a)antraceno do que as de folhas estreitas; e a superfície externa das plantas contém mais desse composto do que as estruturas internas.

O Benzo(a)antraceno é emitido tanto por fontes naturais como antropogênicas. A contribuição das fontes naturais é muito limitada restringindo-se, praticamente, à queima espontânea de florestas e emissões vulcânicas, na diagênese, na síntese de bactérias, algas e vegetais superiores, além de serem integrantes naturais do petróleo e no carvão. Portanto, as fontes naturais correspondem a apenas 10% das emissões totais. As atividades antrópicas são as principais fontes de Benzo(a)antraceno no ambiente.

As fontes veiculares de emissão têm uma grande importância devido a sua complexidade e a sua quantidade crescente de Benzo(a)antraceno que é lançado no ar.

Na água e no solo, as fontes desse hidrocarboneto poliaromático são a dispersão de matérias betuminosas, os derrames de hidrocarbonetos acidentais, as precipitações atmosféricas, as atividades industriais, os esgotos cloacais e os depósitos de lixo urbano.

O Benzo(a)antraceno pode sofrer reações como evaporação e dissolução. Entretanto, devido às características que este composto possui, as reações mais importantes são a oxidação, dispersão, biodegradação e sedimentação.

### BENZO(a)PIRENO (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)

É o mais estudado dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs). Alguns derivados

metabólicos desse composto, como o *Benzo[a]pyrene-7,8-dihydrodiol-9,10-epoxide* são cancerígenos.

Geralmente, estes compostos estão presentes na gasolina livre de chumbo e, ainda, podem ser amplamente usados em algumas indústrias químicas, como na manufatura de monômeros (Manahan, 1994). Este composto e seus derivados são muito instáveis quimicamente.

#### BENZO(b)FLUORANTENO e isômero BENZO(k)FLUORANTENO (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)

São classificados como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPA). Mais de 20% do carbono no universo pode estar associado aos HPAs, incluindo os Benzo-fluorantenos.

É um pó esbranquiçado, sendo um sólido incolor que é pouco solúvel na maioria dos solventes. Pode reagir com agentes oxidantes fortes e com eletrófilos, peróxidos, óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre.

É um composto provavelmente carcinogênico. Quando aquecido à decomposição, emite fumaças e gases irritantes de mucosas. Tendo em vista que pode se formar na queima da gasolina, do lixo, está presente nas suas fumaças e fuligem. Este produto químico combina com poeiras particuladas do ar e, assim, é levado para a água e solo e para as culturas.

#### BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's) (C<sub>12</sub>H<sub>10-n</sub>Cl<sub>n</sub> sendo 1≤n≤10)

As moléculas apresentam diversas substituições possíveis dos átomos de cloro, que variam de 1 a 10 átomos, assim gerando 209 moléculas diferentes. É uma mistura de moléculas mais ou menos cloradas e isômeras, onde suas estabilidades crescem com o número de átomos de cloro.

Os PCBs podem ser produzidos industrialmente através da cloração do bifenilo anidro na presença de cloro férrico ou de ferro. Tem uma estrutura muito análoga àquela de hidrocarbonetos clorados, como o DDT. São mais estáveis que o DDT, sendo que, devido à sua inércia química e sua baixa combustibilidade, estes compostos podem entrar na fabricação de vernizes, plásticos e tintas, sendo que são incluídos, também, como adjuvantes dos inseticidas clorados.

São compostos sintéticos utilizados como óleo isolante em equipamentos elétricos, mais especificamente em transformadores e capacitores.

Existem três caminhos possíveis de aporte desses compostos no meio aquático: 1) rejeitos industriais e urbanos; 2) utilizações como pesticidas; 3) emissões e precipitações junto com poeiras atmosféricas, devido à incineração de rejeitos.

Estes compostos são conhecidos popularmente no Brasil como Ascarél, mas apresentam diferentes nomes comerciais, dependendo da região, sendo na França com a marca "Phenoclor"; no Japão "Kanechlor"; na Alemanha "Clophen", na Itália "Fenclor" e nos Estados Unidos pela Monsanto, que foi o principal produtor mundial, com a marca "Aroclor". Tem uma

solubilidade na água pouco elevada, sendo relativamente inertes e resistentes à degradação microbiana. São produtos muito persistentes no ambiente e que podem se acumular nas gorduras animais.

Os PCB's são perturbadores do metabolismo do cálcio, da mesma forma que o DDT, sendo responsáveis pelo enfraquecimento de ovos de algumas espécies aquáticas, que então não chegam à maturidade. Nos humanos podem causar câncer, diabetes, mal formações congênitas e atraso no desenvolvimento infantil.

No ano de 2000, na Suécia, a convenção das Nações Unidas proibiu o uso das 12 substâncias tóxicas utilizadas no mundo, os "POPs ou poluentes orgânicos persistentes". Entre eles estão os PCB's (Zero Hora, Jornal, 2001).

## BORO (B)

É um semimetal. É essencial ao crescimento das plantas. Nas lavouras sensíveis têm sido registrado o efeito tóxico de 1g/L ou menos de boro. Entretanto, quando as concentrações de boro em águas de irrigação são maiores que 0,75mg/L, algumas plantas sensíveis, como as cítricas, podem ser prejudicadas (Train, 1979).

Não existem muitas evidências comprovadas de que ele é requerido pelos animais. Entretanto, o boro é um mineral necessário para o corpo humano, especialmente para manter fortes os ossos e as articulações. É essencial para o metabolismo animal dos minerais como o cálcio, cobre, magnésio e fósforo. Todos eles são importantes para uma boa saúde dos ossos e das articulações. O boro é essencial para a utilização da vitamina D, contribuindo para melhorar a absorção do cálcio.

O boro também joga um papel importante no metabolismo hormonal, na função das membranas plasmáticas ou em reações enzimáticas. O boro também tem certa relação com outros compostos como a metionina ou a arginina.

Não é encontrado em estado livre na natureza, mas como boratos (como borato de sódio, por exemplo), ácidos bóricos (em baixas concentrações), quelato de boro ou tetraborato de sódio decaidratado e a Kernita. O boro dissolvido no mar é cerca de 450 vezes mais concentrado do que na água doce.

O Bórax (composto também conhecido como tetraborato de sódio,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) é um mineral alcalino derivado da mistura de um sal hidratado de sódio e ácido bórico. Facilmente solúvel em água, é frequentemente formado na natureza como evaporito. Por isso é encontrado na forma de pequenos cristais agrupados, facilmente friável, com aparência macroscópica de um pó esbranquiçado. Microscopicamente, seus cristais são transparentes e de pequena dureza.

É usado nas indústrias de vidros, esmaltes, vernizes, podendo estar presente nos efluentes dessas indústrias, quando não tratados. Pode se originar do processamento do

carvão de pedra e na degradação de detergentes no ambiente (Manahan, 1994). Atualmente, os boratos têm importância como aditivos em misturas combustíveis de alta potência.

O Bórax pode ser usado em: tratamentos termoquímicos; na produção de camadas em materiais metálicos; no preparo de banho para modelos ortodônticos; no curtume para limpeza do couro; como conservante para caviar de esturjão; na taxidermia de material zoológico; como inseticidas diversos; na limpeza de metais, pois dissolve os óxidos metálicos formados nas suas superfícies.

Pode ser usado na fabricação de esmaltes para porcelanas; na fabricação de vidros resistentes a elevadas temperaturas; na fabricação de vidros ópticos; no tratamento de lã de ovelha quando usada para isolamento térmico. Pode também ser usado na produção de detergentes; de desinfetantes; de sabões e pesticidas; na diafanização de animais para pesquisa científica; na fertilizante para nutrição de plantas; na fabricação de instrumentos artesanais de corte, como facas e espadas (cutelaria) e na fundição de ouro, além de algumas massas para modelar usadas como brinquedos.

### CIANETOS (CN<sup>-</sup>)

Este composto químico inorgânico pode estar dissolvido na água como HCN (ácido cianídrico). Além disso, o íon cianeto tem alta afinidade com muitos metais, formando, então, compostos metálicos, como exemplo o ferrocianeto.

O cianeto é um veneno altamente tóxico e letal para o homem, mesmo em quantidades menores que 0,1g. O envenenamento pode resultar da inalação de gás hidrocianico ou da ingestão de compostos de cianeto, como o cianeto de potássio. Essas substâncias quando absorvidas, são rapidamente convertidas no organismo em cianeto de hidrogênio, o qual tem uma extrema toxidez para a enzima citocromo-oxidase, atuante na cadeia respiratória.

Entretanto, este composto venenoso não é acumulativo, podendo ser detoxicado no organismo. O nível de lesão depende, contudo, do índice de absorção e detoxicação. Organismos que vivem em ambientes contaminados por cianetos podem desenvolver quadros de envenenamento crônico, apresentando hipoxia tecidual progressiva (pouca oxigenação), mas não é imediatamente fatal. A intoxicação de gravidade média no ser humano provoca dispnéia, acessos de tosse, vertigens, cefaléia, zumbidos, náuseas, vômitos, convulsões, coma e até a morte.

O cianeto pode ser usado em indústrias, especialmente de clareamento de metais e de galvanoplastia. Pode também aparecer nos efluentes resultantes de laboratórios fotográficos. No Brasil é amplo o uso em formicidas, cuja base costuma ser o ácido cianídrico (Manahan, 1994).

### CIANOACTÉRIAS (Densidade de)

O filo Cyanobacteria (cianobactérias), ou divisão Cyanophyta (cianófitas), é um grupo de

micro-organismos que obtêm energia por fotossíntese, sendo que o nome “cianobactéria” vem de sua cor predominante: azul/esverdeada. São procariontes, procarióticos, autotróficos e capazes de ocorrer em ambientes aquáticos superficiais, especialmente naqueles com elevados níveis de fitonutrientes. Portanto, em muitos casos, a sua ocorrência e proliferação é favorecida pelos desequilíbrios tróficos (como a eutrofização e a hipertrofização) dos ambientes aquáticos. Nestes, as cianobactérias têm rápida reprodução, que pode ser por divisão celular, por fragmentação, endósporo, exósporo ou aceneto.

As cianobactérias são um grupo muito heterogêneo, e sua classificação responde mais a critérios didáticos do que sistemáticos.

Incluem organismos aquáticos unicelulares, coloniais ou filamentosos fotossintéticos. Possuem forma de cocos, bastonetes, filamentos ou pseudofilamentos.

Apresentam, geralmente, uma estrutura externa para evitar a dessecação: a bainha de mucilagem, que é uma substância gelatinosa incolor que recobre totalmente ou parcialmente o indivíduo.

A maioria das espécies encontra-se em água continental, mas algumas espécies são estuarinas e marinhas ou ocorrem em solo úmido, ainda sendo encontradas em ambientes lacustres, ambientes congelados, sob o folhiço de florestas, entre outros. Outras espécies são endossimbiontes em líquens ou em vários protistas e corais, fornecendo energia aos seus hospedeiros.

Durante muito tempo foram classificadas como micro algas, na divisão Cyanophyta, com uma única classe, a Cyanophyceae. Por isso, o termo cianofíceas é ainda utilizado, embora o termo cianobactérias esteja na preferência pelos botânicos. Atualmente, é descrito que estes organismos não têm relação filogenética com qualquer dos grupos de algas eucarióticas, a não ser como prováveis antepassados dos cloroplastos e, encontram-se classificados como um filo (ou divisão, para os botânicos) dentro do domínio Bactéria.

O registro fóssil das cianobactérias indica que estes seres fotossintéticos podem ter sido importantes no aparecimento do oxigênio na atmosfera terrestre – o que parece ter acontecido há cerca de 2,5 bilhões de anos.

As cianobactérias não possuem flagelos, mas algumas podem mover-se com a ajuda de fibras em espiral na parede celular. Na maior parte das espécies, a “maquinaria” fotossintética encontra-se em pregas da membrana celular, chamadas tilacóides. Algumas podem realizar quimiossíntese a partir de matéria orgânica, usando sulfeto de hidrogênio, como fazem algumas bactérias, geralmente em ambientes abissais marinhos, onde não há luz solar.

Quanto aos pigmentos fotossintéticos, encontram-se duas formas nas cianobactérias: a maioria possui clorofila *a*, juntamente com várias proteínas chamadas ficobilinas, que dão às células a cor azulada. Alguns gêneros, no entanto, não possuem ficobilinas e têm clorofila *b*, além da clorofila *a*, o que lhes confere uma coloração verde brilhante.

Originalmente, estas últimas formas foram classificadas num grupo denominado “proclorofitos” ou “cloroxibactérias”, mas aparentemente desenvolveram-se em diferentes linhas de cianobactérias.

Algumas cianobactérias produzem cianotoxinas, entre as quais Anatoxina-a, Anatoxina-as, Aplisiatoxina, Cilindrospermopsina, Microcistina LR, Nodularina R e Saxitoxina. Algumas destas têm ação hepatóxica e neurotóxica, podendo ainda causar problemas gástricos em mamíferos, inclusive na espécie humana que com elas tiver contato direto. Elas proliferam intensamente em um ambiente favorável, como águas claras, com insolação, fraca hidrodinâmica e disponibilidade de nutrientes.

A proliferação de cianobactérias em ambientes salinos ou hipersalinos, onde estes organismos geralmente não encontram predadores, pode ser responsável pelo favorecimento da precipitação de carbonatos, principalmente de cálcio, sobre a comunidade cianobacteriana. Isso ocorre porque a fotossíntese resulta no aumento do pH da água (consumo de CO<sub>2</sub> e dissociação do ácido carbônico), favorecendo esta precipitação. Quando esta comunidade inicial morre e se deposita no fundo ou fica floculada na coluna da água, outra comunidade pode ser formar por cima, resultando numa sucessão ecológica.

Após sucessivos ciclos de precipitação-morte-ressurgimento, forma-se a esteira microbiana, que apresenta camadas claras e escuras, sendo respectivamente de carbonato e comunidade cianobacteriana em decomposição. Com o passar dos anos, estas estruturas passam a apresentar maior altura, podendo apresentar variadas formas, sendo chamadas de Estromatólitos, sendo a maior prova da ocorrência de cianobactérias no final do proterozóico, há mais de 600 milhões de anos.

Os depósitos de cianobactérias nos fundos dos ambientes aquáticos prejudicam a oxigenação da coluna sedimentar, favorecendo a formação de gases fétidos e tóxicos como o metano, amoníaco e sulfídrico.

As cianobactérias foram tradicionalmente classificadas pela morfologia em cinco seções, referidos pelos numerais I-V. Os três primeiros – Chroococcales, Pleurocapsales e Oscillatoriales – não são suportados por estudos filogenéticos. No entanto, os últimos dois – Nostocales e Stigonematales – são monofiléticos, e compõem as cianobactérias heterocísticas. Os membros do Chroococcales são unicelulares e, geralmente, agregados em colônias. O critério taxonómico clássico tem sido a morfologia das células e o plano de divisão celular. Em Pleurocapsales, as células têm a capacidade de formar esporos internos (baeocytes).

A nomenclatura das cianobactérias está regida por dois códigos, o Código Internacional de Nomenclatura Bacteriana e o Código Internacional de Nomenclatura Botânica. Esta duplicidade de nomenclatura causa uma grande confusão.

Quando vivas, através da fotossíntese, elas liberam oxigênio favorecendo o processo de respiração dos consumidores. Além disso, são consideradas as principais provedoras de

nitrogênio para as cadeias tróficas dos oceanos e de águas oligotróficas pelo processo da fixação do nitrogênio molecular gasoso na presença da enzima nitrogenase. Nestes ambientes carentes de nutrientes nitrogenados, esse processo enzimático representa a importante entrada do nitrogênio molecular para o ciclo vital e suporte da vida. A nitrogenase é inibida pelo aporte de amônio, num processo de auto-regulagem com vistas a economia de energia pelos organismos fixadores do nitrogênio molecular.

Algumas cianobactérias são, ainda, de utilidade para a alimentação para a produção de biocombustíveis como o biodiesel.

### CORO (Cl<sub>2</sub>); CLORITO (ClO<sub>2</sub><sup>-</sup>) e CLORETOS (Cl<sup>-</sup>)

O cloro é o desinfetante mais usado para desinfetar a água ou outros utilitários, pelo seu baixo custo e boa eficiência.

Numa Estação de Tratamento de Águas (ETA), onde o cloro é usado como biocida, pode haver um decaimento do seu residual nos sistemas de distribuição de água potável, devido às características da água e do sistema (aumento da temperatura ou de estocagem da água). Isso pode causar perda da qualidade da mesma, por volatilização do cloro, o que é mais comum em distâncias maiores entre a distribuição e o local de uso da água.

Conhecer o teor de cloro livre, do ativo ou do cloro residual na água (combinado mais o livre que permanece após a cloração da água, como no caso durante seu tratamento para ser potabilizada ou para outros fins), permite garantir a qualidade microbiológica da água, ou seja, se ela está em condições de uso e/ou consumo.

O cloro não é um constituinte químico natural das águas continentais e subterrâneas, estando abundante nas águas salobras e salinas nas formas de cloretos.

O clorito é a forma salina estável originada do ácido cloroso, que é formado pela solubilização do dióxido de cloro em água (HClO<sub>2</sub>). Nas suas formas líquidas, gasosas ou como hipoclorito (ClO<sup>-</sup>) é um desinfetante e bactericida (exemplo o hipoclorito de sódio ou água sanitária: NaClO). O hipoclorito pode ser adicionado à água potável tratada em estações apropriadas e controladas. Os derivados de cloro são usados como desinfetantes em uma concentração inferior a 1mg/L.

O clorito pode estar presente em efluentes de estações de geração de energia, como hidroelétricas, onde é usado como biocida para espécies biológicas inoportunas para a planta industrial da hidroelétrica. Entretanto, quando chega ao meio ambiente aquático junto ao efluente, o cloro pode também ser prejudicial para outras espécies importantes do ecossistema.

O cloro tem a capacidade de formar compostos orgânicos de toxicidade residual, como as monocloraminas. A população aquática planctônica e os invertebrados bentônicos são muito sensíveis à toxicidade do cloro livre.

Os cloretos ocorrem em abundância nas águas oceânicas. Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons cloretos resultantes da dissolução de minerais ou de sais

e da intrusão de águas salinas no continente. É um dos ânions presentes em águas naturais que têm contato com águas oceânicas, onde esse ânion é muito abundante..

Altas concentrações de cloretos impedem o uso da água para a agricultura e exigem tratamento adequado para usos industriais (dessalinização) e consumo, bem como causam danos nas estruturas metálicas (corrosão). Além da água do mar, altos níveis de cloretos podem estar presentes em efluentes de alguns processos industriais que usam cloro.

Mesmo em concentrações mais elevadas, não são muito prejudiciais à saúde do homem. Entretanto, algumas águas podem apresentar um sabor salgado, se o cátion sódio estiver presente junto com o cloreto (presença do sal NaCl).

### CLOROFILA (C<sub>55</sub>H<sub>72</sub>O<sub>5</sub>N<sub>4</sub>Mg)

É a designação de um grupo de pigmentos fotossintéticos presente numa organela chamada de Cloroplasto (plastídio) dos produtores primários/vegetais, o qual é formado por Tilacóides. Estão incluídos nisso, em geral, as algas, cianofíceas e diversos protistas anteriormente considerados "algas" ou "plantas", como as algas vermelhas ou castanhas.

A fotossíntese é um processo que consiste na conversão de gás carbônico e água em carboidratos, como a sacarose ou o amido. Ocorre nos produtores primários dentro do Cloroplasto.

Os diferentes pigmentos vegetais fotossintetizantes, como a Clorofila, funcionam como fotorreceptores, absorvendo a luz nos comprimentos de onda entre o azul e o amarelo, e refletindo diferentes tonalidades de verde, o que confere à maioria dos vegetais a sua cor característica. Estes pigmentos permitem a canalização da energia da luz solar em energia química através do processo de fotossíntese. Neste processo, a energia absorvida pela clorofila transforma dióxido de carbono e água em carboidratos e oxigênio, sendo esse gás eliminado para água ou atmosfera.

A Clorofila é um pigmento clorínico, contendo um íon de magnésio (Mg<sup>2+</sup>) coordenado por quatro átomos de nitrogênio. O composto é denominado Feofitina quando não tem magnésio (ou um íon metálico) no seu centro.

A Clorofila nos vegetais verdes consiste em duas formas, Clorofila *a* e *b*. As Clorofilas *c* e *d* são encontradas especialmente em algas e cianobactérias. A Clorofila *a* difere da Clorofila *b* por apresentar na posição 3 do grupo tetrapirrólico, o radical-CH<sub>3</sub> (metila) no lugar do "-CHO" (aldeído).

Os fotossistemas são organizações de moléculas de Clorofila e outros pigmentos, localizados nas membranas dos Tilacóides. Nos autotróficos eucariontes existem dois fotossistemas, os quais possuem centros reacionais distintos: fotossistema I (P<sub>700</sub>) e fotossistema II (P<sub>680</sub>), de acordo com o comprimento de onda do espectro luminoso (expresso em nanômetros ou nm) correspondente ao seu pico máximo de absorção da radiação eletromagnética incidente. Cada fotossistema apresenta uma molécula de Clorofila ligada a um receptor de elétrons (o centro da reação). À volta do centro de reação existem cerca de três centenas de pigmentos fotossintéticos: Clorofila, Carotenóides, etc. Portanto, a identidade, a função e as propriedades

espectrais dos diferentes tipos de Clorofila em cada fotossistema são distintas e, determinadas tanto pelo tipo de fotossistema, como pela estrutura das proteínas que as rodeiam.

A energia transferida para as moléculas de Clorofila pertencentes ao centro reacional, é usada no processo de separação de carga, que consiste na transferência de um elétron da Clorofila para uma cadeia de transporte eletrônico. O fluxo de elétrons produzido pelos pigmentos de Clorofila é usado para transportar íons  $H^+$  através das membranas dos Tilacóides, causando um potencial quimiosmótico usado principalmente na produção de moléculas de ATP (Adenosina tri-fostato, fonte de energia para os seres vivos).

A maioria das moléculas de Clorofila absorve luz e transmite a energia luminosa através de um fenômeno designado por “transferência de energia por ressonância” a um par de moléculas de Clorofila específico, que se encontra no centro reacional de cada fotossistema. A Clorofila não é solúvel em água e é mais instável em pH ácido. A quantificação da Clorofila é uma indicação da intensidade da produção primária e da produtividade do ambiente aquático.

### COLIFORMES (bactérias)

Representam um parâmetro microbiológico. Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos, não formadores de esporos, oxidase negativos.

Numa análise microbiológica são capazes de desenvolver ácido, gás e aldeído, na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose.

As bactérias do grupo Coliforme são consideradas os indicadores primários da contaminação fecal de um ambiente aquático. Nos resultados de análises de Coliformes totais estão incluídas bactérias do gênero *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwinia*, *Enterobacteria* e *Citrobacter*.

Coliformes fecais compreendem apenas uma porção do grupo de Coliformes totais. São aquelas bactérias capazes analiticamente de fermentar a lactose, produzindo ácidos e gás, proporcionando suas identificações.

As análises de Coliformes fecais têm uma maior significância na avaliação da qualidade sanitária do ambiente aquático. Portanto, são preferenciais às análises apenas de Coliformes totais, menos específicas. Essa preferência é motivada pelo fato de que os Coliformes fecais são restritos ao trato intestinal de animais de sangue quente. Seus índices são bons indicadores da qualidade das águas em termos de poluição por efluentes domésticos.

Índices somente de bactérias *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Klebsiella spp.* tem sido mencionados como bons bioindicadores de poluição fecal recente em águas e solos (Train, 1979). Isso porque a *E.coli* não tem muita resistência em ambientes expostos. Em termos de análises rotineiras, há a inconveniência e a desvantagem de que o método de determinação destes índices microbiológicos específicos requer complexas reações bioquímicas e, portanto, condições analíticas e técnicas muito adequadas para tal.

O papel desses micro-organismos tem se tornado essencial na determinação da qualidade sanitária dos ambientes aquáticos. O problema se acentua porque essas bactérias

podem estar associadas à presença de outras bactérias e vírus intensamente patogênicos, principalmente presentes em efluentes domésticos. Estes incluem resíduos de hospitais e similares lançados sem tratamento em ambientes aquáticos, muitas vezes marginais de áreas habitadas e de pouca circulação e profundidade. Isso representa um sério risco para a saúde pública (Train, 1979).

### COR

É um parâmetro físico. A coloração da água se origina através de 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 necessariamente representa risco à saúde, mas induz ao questionamento sobre a confiabilidade da qualidade da água.

Deve-se distinguir entre cor aparente e cor verdadeira. No valor atribuído à cor aparente, pode estar incluída uma parcela devido à turbidez. Quando esta é removida por centrifugação da água, pode obter-se o valor da cor verdadeira. Para a cor aparente, a determinação é feita na amostra de água original, sem nenhum cuidado prévio.

O padrão de qualidade para cor em corpos d'água naturais admite cerca de 20 a 25uH (Unidade de Hazen-padrão de platina-cobalto ou **mg/L de Pt/Co**) (Adams, 1990).

### CRISENO (C<sub>18</sub>H<sub>12</sub>)

Pertence ao grupo dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH ou PAH). É um composto orgânico, formado de anéis aromáticos simples que se uniram e não contêm heteroátomos ou transportam substituintes.

É uma substância branca cristalina, de forte fluorescência azul, geralmente de cor amarelada por impurezas.

O Criseno é encontrado principalmente como um subproduto gasoso da combustão incompleta de combustíveis fósseis, madeira, alcatrão de carvão e Creosoto.

Os seguintes efeitos agudos (a curto prazo) na saúde podem aparecer imediatamente ou após a exposição ao Criseno:

- O contato pode irritar os olhos e a pele; o nariz e a garganta, causando tosse e chiado no peito.
- Se a pele que foi contaminada com Criseno é exposta à luz solar, podem aparecer erupções cutâneas ou queimaduras solares, por vezes com bolhas.
- Este tipo de agente cancerígeno também pode ter o potencial de causar danos à saúde reprodutiva em humanos.

Os efeitos crônicos (a longo prazo) sobre a saúde podem ocorrer após a exposição ao Criseno durante meses ou mesmo anos. A bioacumulação desta substância pode ocorrer em alimentos marinhos. Pode causar câncer de pele, fígado e pulmão em animais.

### DIBENZO(a,h)ANTRACENO (C<sub>22</sub>H<sub>14</sub>)

É um sólido cristalino branco ou amarelo claro, sendo um hidrocarboneto aromático policíclico (HPA) feito de cinco anéis de benzeno fundidos, sendo um composto sólido, orgânico branco amarelado, cristalino claro.

É um dos poluentes de fumaças e de óleos.

O HPA Dibenzo é altamente genotóxico em sistemas de células bacterianas e de mamíferos, pois se intercala no DNA e causa mutações. Mais de 20% do carbono no universo pode estar associado aos HPAs.

### 1,2-DICLOROETANO (DCE) (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>)

Conhecido antigamente como Dicloreto de etileno, é um composto químico organoclorado importante como intermediário na produção do monômero Cloreto de vinila, o principal precursor para a produção do polímero PVC (Cloreto de polivinila).

É um líquido incolor com um odor semelhante ao clorofórmio. O DCE já foi usado como desengraxante e removedor de tintas, mas seu uso com esses fins foi banido em razão de sua toxicidade e possível ação carcinogênica. É um intermediário na produção de vários compostos orgânicos, como a Etilenodiamina.

O 1,2-dicloroetano é tóxico (especialmente por inalação, devido à sua elevada pressão de vapor), inflamável. Sua solubilidade e longa meia-vida em aquíferos pobres em oxigênio dissolvido o tornam um poluente perene perigoso à saúde e difícil de ser removido por maneiras convencionais.

### 1,1-DICLOROETENO (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Conhecido como 1,1-dicloroetileno ou 1,1-DCE, é um organoclorado. É um líquido incolor com um odor penetrante. Como muitos clorocarbonos, é pouco solúvel em água, mas solúvel em solventes orgânicos.

O 1,1-DCE foi o precursor em certos filmes plásticos para embalar e proteger alimentos, mas esta aplicação foi descontinuada, hoje sendo estes produtos de PVC transparente.

É usado principalmente na polimerização de Cloreto de vinila, Acrinolitrila e do Acrilato. É também usado em fabricação de dispositivos semicondutores para propiciar crescimento de películas de dióxido de silício ou sílica (SiO<sub>2</sub>) de alta pureza.

### 2,4-DICLOROFENOL (DCP) (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>O)

É um sólido cristalino (como areia), sendo incolor, com odor de remédio e afunda na água.

Os DCPs são derivados de fenol contendo dois átomos de cloro. Existem seis isômeros: 2,3-diclorofenol; 2,4-diclorofenol; 2,5-diclorofenol; 2,6-diclorofenol; 3,4-diclorofenol; 3,5-diclorofenol.

É utilizado no fabrico de outras substâncias e de produtos químicos e, ainda, como intermediário na fabricação de herbicidas, pesticidas, conservantes e desinfetantes. Comumente

é encontrado em efluentes industriais, sendo considerado um poluente prioritário devido a sua elevada toxicidade para a biota em geral, e alto poder de persistência no ambiente.

### DICLOROMETANO (CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

É um hidrocarboneto clorado. É incolor e volátil, amplamente utilizado como solvente, pois é considerado um dos compostos organoclorados menos perigosos. É imiscível em água e dissolve a maioria dos solventes orgânicos.

A volatilidade e a capacidade para dissolver uma larga gama de compostos orgânicos do Diclorometano, torna-o um solvente ideal para muitos processos químicos. No entanto, as preocupações sobre os seus efeitos prejudiciais à saúde humana levaram a uma procura por alternativas ao seu uso.

É amplamente usado como decapante e desengordurante. Na indústria alimentar é usado para descafeinar café e para preparar extratos de lúpulo e outros aromas. A sua volatilidade levou a que seja usado como agente propulsor de aerossóis (amplamente usados atualmente) e agente de expansão de espumas de poliuretano. Usado largamente na indústria de plásticos para colar termofixos: Poliuretano (PR), Resina Epóxica e Resina Fenólica.

### DUREZA

Este parâmetro químico não está referido nas legislações ambientais. O termo “dureza” é frequentemente utilizado para caracterizar a qualidade de um determinado tipo de água. Originalmente, a dureza da água era a sua capacidade em precipitar sabão, principalmente pelos íons cálcio e magnésio. Portanto, esta característica mede a resistência que a água oferece à formação de espuma com sabão, devido a presença de sais na amostra líquida, implicando num maior consumo de sabão (Silva, 1990).

Atualmente, a dureza total é definida como a soma das concentrações desses elementos químicos, que estão combinados a carbonatos ou bicarbonatos, podendo também estar combinados com sulfatos e cloretos (Esteves, 1998).

A dureza surge na água através da dissolução de rochas calcárias (que contém cálcio e magnésio). Não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários, ao contrário, alguns estudos realizados em áreas de maior dureza indicaram uma menor incidência de doenças cardíacas. Em determinadas concentrações, causa sabor desagradável na água. Reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão (Silva, 1990).

Segundo Boyd (1990), as águas podem ser classificadas de acordo com o grau de dureza total que apresentam:

0 – 75mg/L CaCO <sub>3</sub> .....	branda
75 – 150mg/L CaCO <sub>3</sub> .....	moderadamente dura
150 – 300mg/L CaCO <sub>3</sub> .....	dura
300 ou mais mg/L CaCO <sub>3</sub> .....	extremamente dura

Esta classificação não tem aplicação biológica, somente é importante em termos de tratamento e qualidade de águas. Porém, ocasionalmente é utilizada por piscicultores.

As águas ainda podem ser classificadas de acordo com seu tipo de dureza. A parte da dureza química total, que é equivalente à alcalinidade, denomina-se como dureza de carbonato (Vinatea Arana, 1997).

Em águas naturais doces a dureza varia de 10 a 200mg/L de  $\text{CaCO}_3$  e em salgadas pode atingir até cerca de 300mg/L. Águas duras podem provocar incrustações nos equipamentos industriais, formados por sais de cálcio e magnésio, que assim, tem suas precipitações favorecidas em meio alcalino.

### ESTIRENO ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2$ ou $\text{C}_8\text{H}_8$ )

É um hidrocarboneto aromático não saturado. À temperatura ambiente é líquido oleoso incolor, que polimeriza com facilidade na presença do oxigênio. O Estireno é bastante volátil e possui um cheiro adocicado em concentrações elevadas. É um subproduto do petróleo que pode ser encontrado nos produtos plásticos, em resinas plásticas e em espumas como o 'isopor', estojos de CDs e DVDs, embalagens de produtos alimentícios, malas e bagagens.

- Poliestireno: é um composto químico tóxico, criado da polimerização do monômero Estireno. É leve, isolante e que pode se apresentar tanto na forma líquida como sólida.

- Espuma de Estireno ou 'Isopor': É na verdade uma espuma de Poliestireno expandida, mas que denominamos (nt.: no Brasil) de 'Isopor' (nt.: marca registrada da Knaufl) e nos EUA de 'Styrofoam'. Ela é empregada em muitas utilidades como em pranchas de surf, barcos, sacos de grãos alimentícios e, copos e pratos descartáveis.

Estes produtos de espuma (Isopor) contêm uma resina plástica, que inalada (principalmente durante a queima), pode desencadear o câncer, a perda de visão e da audição, o enfraquecimento da memória e da concentração, e efeitos sobre o sistema nervoso.

Cuidado!!!: O monômero ou a própria substância Estireno se liberam da espuma dos recipientes de Isopor, quando a comida está quente (ou sendo aquecida em fornos). Portanto, o Estireno está incluso numa lista negra de produtos perigosos.

Os efeitos prolongados da exposição crônica do Estireno que muitos trabalhadores da indústria enfrentam, são: depressão, dores de cabeça crônicas, fadiga e fraqueza, e efeitos menores sobre as funções dos rins e do sangue.

Como se o impacto negativo sobre a saúde pública do poliestireno não fosse suficiente, seus efeitos ambientais estão muito bem documentados. Apesar de amplamente descartado na atualidade, ele leva cerca de 500 anos para se decompor e ocupa de 25 a 30% dos aterros de lixo globais. Além disso, os lagos, vias navegáveis e os oceanos estão sofrendo poluição por servirem para descartar lixo do 'Isopor'. Existem 57 subprodutos químicos durante a fabricação do Estireno, poluindo nosso ar e nos mananciais hídricos.

O 'Isopor' faz algum tempo que não é fabricado com o gás CFC (composto químico que destrói a camada de ozônio), mas ainda é usado o gás HFC (Hidrofluorocarbono). Ambos estão também conectados à agressão à camada de ozônio, afetando o aquecimento global.

O Estireno não é só encontrado em produtos de espuma expandida, pois alguns plásticos, borrachas sintéticas, carpetes e mesmo em embalagens comuns na atualidade podem ter traços de Estireno.

### ETILBENZENO (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)

É um hidrocarboneto aromático líquido inflamável. Sua importância é na produção de Estireno. O Tolueno é outro subproduto químico da fabricação de Estireno e Etilbenzeno.

O Etilbenzeno é um composto orgânico encontrado em pequenas quantidades no ar, na água e no solo, e está também presente em alcatrão de carvão e de petróleo. É um subproduto de muitos compostos com base em hidrocarbonetos, tais como a gasolina e tintas, bem como inseticidas e tabaco.

A produção de Etilbenzeno sintético funciona por interação do Benzeno e do Etileno, servindo também a fabricação de borracha sintética e como um componente de combustíveis de aviação.

O processo de alquilação envolvido na produção de Etilbenzeno também resulta em excesso de Benzeno e compostos relacionados com ele, os quais são alimentados de volta para o ciclo de produção através de agentes alquilantes.

### FENÓIS (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH)

Os compostos químicos fenólicos são definidos como hidróxidos derivados do benzeno e dos seus núcleos condensados. Possuem núcleos aromáticos com uma hidroxila. Esta definição inclui mono, di e trifenóis, ácidos hidroxibenzóicos, nitro, cloro-amino, metoxi, fenoxi e alquil fenóis. Também inclui alguns dos hidroxí derivados de núcleos aromáticos condensados como o naftol.

Os fenóis podem alterar o gosto e o odor de águas. Originam-se na água através de efluentes não tratados de refinarias de óleos, indústrias químicas em geral, e pela hidrólise e oxidação fotoquímica dos pesticidas agrícolas. Os fenóis de origem natural podem ocorrer na vegetação.

A absorção de fenol por organismos aquáticos ocorre por meio das guelras ou pele, provavelmente por difusão passiva. É possível que muitas espécies de peixes sejam capazes de detoxicar compostos fenólicos absorvidos através da formação de conjugados glucoronídeos (Cowel & Anderson, 1979).

Alguns compostos fenólicos são resistentes à degradação microbiológica e são transportados a longas distâncias pela água.

A toxicidade dos fenóis para os animais relaciona-se aos níveis das imunoglobulinas, os níveis de proteínas do sangue e os níveis de microelementos nos tecidos. Afeta também as taxas de consumo do oxigênio, alterando a fosforilação oxidativa com a subsequente redução da formação do ATP (Buikema *et al.*, 1979). São classificados como inibidores metabólicos não específicos, atuando em enzimas específicas ou em sistemas enzimáticos.

No ambiente, os fenóis podem sofrer degradação microbiana, ou por fotólise, ou por adsorção em partículas ou por diluição, baixando sua biodisponibilidade.

### FLUORETOS (F<sup>-</sup>)

Em água, o fluoreto pode ocorrer naturalmente associado quimicamente ao magnésio ou ao alumínio, principalmente nos rios, formando complexos. Em ambientes sem fontes antrópicas, cerca de 80 a 90% do fluoreto dissolvido em águas de rios são reciclados do ambiente marinho, sendo que somente de 10 a 20% é derivado de intemperismo continental (Burton & Liss, 1976).

O fluoreto pode causar doenças como fluorose, quando o flúor é associado com o sódio, doença caracterizada por anomalias ósseas e dentes moles (Manahan, 1994).

O fluoreto pode ser adicionado na água potável em quantidade controlada, considerando-se que, em torno de 1mg/L pode prevenir cáries dentárias sem causar prejuízos à saúde. Pode estar em efluentes não tratados de indústrias de fertilizantes, na forma de SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup>, presente em resíduos oriundos da acidificação de rochas fosfatadas, usadas como fonte de fósforo para os fertilizantes (Soria & Chavaria, 1978).

### FÓSFORO TOTAL (P-total); POLIFOSFATOS; FOSFATOS (P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, sendo que na forma de fosfatos dissolvidos é um importante fitonutriente. Pode ser o fator limitante da produtividade primária (produção de vegetais, que são a base da cadeia alimentar) de um curso d'água.

Em águas naturais, o fósforo pode estar na forma de Fosfato dissolvido (ortofosfato ou íons do ácido fosfórico ou fósforo solúvel reativo) ou como Fósforo total. Este último parâmetro se refere ao fósforo particulado orgânico ou inorgânico (formas em suspensão, constituídas de detritos ou partículas na água e estruturas ou macromoléculas de organismos aquáticos que contenham fósforo) somadas as formas dissolvidas.

O Fosfato dissolvido (ortofosfato) é facilmente metabolizável pelos produtores primários, sendo sua fonte metabólica de energia. Portanto, o lançamento de despejos ricos em fosfatos num curso d'água pode, em ambientes com boa disponibilidade de nutrientes nitrogenados, estimular o crescimento e florações oportunistas de micro e macro organismos fotossintetizantes. Estas florações podem diminuir a biodiversidade do ambiente aquático (processos de eutrofização e hipertrofização: excesso de nutrientes, desequilíbrio

trófico/ecológico). Apesar disso, esse elemento não apresenta diretamente maiores problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, tendo portanto, um efeito indireto negativo.

Em termos do parâmetro “Polifosfato”, essa é a forma de fósforo determinada analiticamente pela diferença entre o fósforo ácido hidrolisável total e o fósforo reativo total ou fosfato dissolvido/ortofosfato. Os Polifosfatos apresentam mais de um radical fosfato unidos. Um exemplo são os compostos orgânicos metabólicos Adenosina tri-fosfato (ATP) e di-fosfato (ADP), fontes de energia para os seres vivos em geral. Além disso, outros Polifosfatos podem ser usado na indústria alimentícia funcionando como estabilizante e conservante. Portanto, a forma de fósforo como Polifosfatos residuais também podem estar presente em efluentes não tratados, assim como as formas de Fosfato dissolvido e Fósforo total.

Algumas outras origens, especialmente de Fosfato dissolvido ou de Fósforo total em águas:

I) Fosfatos dissolvidos são constituintes de muitos detergentes, aparecendo em produtos de limpeza;

II) formas de fósforo são constituintes naturais em fertilizantes. Quando colocados em agriculturas marginais a ambientes aquáticos, podem ser carregados pelas chuvas até os cursos de águas adjacentes, ou estarem presentes em poeiras de emissões aéreas de indústrias de fertilizantes. Estas poeiras acabam sendo depositadas em ambientes aquáticos da região e se dissolverem, ou até em efluentes líquidos não devidamente tratados destas indústrias;

III) presentes em sedimentos de fundo e lodos biológicos, tanto na forma de precipitados químicos inorgânicos, exemplo os compostos fosfato de cálcio e fosfato férrico, como na forma de compostos orgânicos. Quando esses sedimentos se redissolvem, o fosfato volta ao seu estado solúvel e biodisponível para os vegetais.

Portanto, há a dissolução de compostos fosfatados dos sedimentos de fundo de corpos aquáticos que estão com condições redutoras e anóxicas (sem oxigênio). Assim, há o enriquecimento em Fosfato dissolvido da coluna da água a partir da água intersticial dos sedimentos, por difusão molecular ou ressuspensão dos sedimentos de fundo e liberação dessa água intersticial (Baumgarten *et al.*, 2001).

IV) a decomposição microbiológica da matéria orgânica, natural ou antrópica (resíduos fecais, por exemplo), enriquece a coluna da água com Fosfato dissolvido a partir da mineralização do fósforo orgânico nela presente.

Quanto a concentrações, particularmente em termos de Fosfato dissolvido nos estuários não poluídos, estas devem normalmente variar em torno de  $1,2\mu\text{M}$  ou  $0,021\text{mg/L P-PO}_4^{3-}$  (citado em Baumgarten *et al.*, 2010), ou  $0,025\text{mg/L}$  (Von Sperling, 1995).

### GÁS CARBÔNICO (CO<sub>2</sub>)

Esse parâmetro químico não é referido nas legislações do CONAMA. Sua solubilidade nas águas depende da temperatura (inversamente) e da pressão (diretamente).

O carbono ocorre na água na forma de espécies inorgânicas dissolvidas, tais como o gás carbônico ou dióxido de carbono ou  $\text{CO}_2$ , o ácido carbônico, os íons bicarbonato e carbonato, além de moléculas orgânicas dissolvidas e particuladas.

O  $\text{CO}_2$  é comum nas águas, onde pode ter várias origens, sendo as principais: atmosfera, chuvas, águas subterrâneas, decomposição e respiração de organismos (Esteves, 1998). Esse gás é distribuído de maneira pouco uniforme na baixa atmosfera e contribui com apenas cerca de 0,03% do volume no ar (Train, 1979).

Quando o  $\text{CO}_2$  (dissolvido) aumenta sua concentração na água (exemplo: devido ao aumento de processos de respiração), ocorre a diminuição do pH devido a formação do ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), ou seja, maior quantidade de  $\text{CO}_2$ (d), maior tendência à acidez. Excesso desse gás na água pode aumentar o potencial de corrosão e dissolução (Manahan, 1994), o que ocorre em rochas calcárias, incluindo as marinhas, assim como comunidades de corais e algas calcáreas.

Além disso, a maior acidez da água aumenta a solubilidade de muitos compostos químicos, além dos carbonatos, podendo acentuar suas toxicidades metabólicas. Exemplo é o caso de alguns sulfetos metálicos redissolvidos.

Portanto, além da acidez em águas poder ser aumentada pela presença de  $\text{CO}_2$ , também contribuem os ácidos minerais e alguns sais hidrolisados.

A maioria das águas oceânicas naturais é considerada levemente alcalina, embora possam conter  $\text{CO}_2$ , que combinado com a água, formará o ácido carbônico (Von Sperling, 1995). Por essa razão, muitas águas naturais apresentam equilíbrio entre a acidez e a alcalinidade, em cujos casos a acidez pode ser devida ao dióxido de carbono. Isso está relacionado ao processo da acidificação dos oceanos.

### HEXAFLOROARSENATO (HFA) ( $\text{C}_6\text{F}_6$ )

É um composto químico sintético, que se apresenta na forma de um sólido cristalino branco. Caracteriza-se pela sua alta toxicidade. É extremamente estável e, por isso, persistente no meio ambiente. Apresenta significativa bioacumulação.

É utilizado como fungicida para proteger as sementes de cebolas, trigo e sorgo. A produção, comercialização e aplicação de HFA já foi proibida em muitos países.

Foi também utilizado como solvente e como aditivo na produção de borracha, PVC, em foguetes, munições, preservantes para a madeira e corantes.

No entanto, é um subproduto da fabricação de vários solventes clorados e de outros processos que envolvem o cloro. É encontrado como contaminante em diversos pesticidas e é liberado durante a queima de resíduos urbanos feita de maneira inadequada.

A fonte de contaminação principal humana é provavelmente a ingestão de alimento contaminado. O HFA acumula-se nos peixes, mamíferos marinhos, aves, líquens, vegetais e nos animais que se alimentam de todos estes seres vivos (incluindo os humanos), perpetuando-se e disseminando-se na cadeia alimentar.

Os seres humanos podem ainda ser afetados no ambiente de trabalho através da inalação de vapores de HCB. Este composto pode afetar o normal funcionamento do fígado, tireóide e rins, assim como os sistemas endócrino, imunológico, reprodutivo e nervoso. A exposição ao HCB pode desencadear a maior susceptibilidade às infecções e o incremento da mortalidade infantil. É uma substância carcinogênica.

#### INDENO(1,2,3-cd)PIRENO (C<sub>22</sub>H<sub>12</sub>)

É um dos mais de 100 hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs), que são produtos químicos formados durante a queima incompleta de substâncias orgânicas, como combustíveis fósseis. O Indeno(1,2,3-cd)pireno é um hidrocarboneto aromático policíclico (PAH) e um conhecido carcinógeno.

Este composto pertence à classe de entidades químicas conhecidas como Pirenos, que contém uma porção que consiste em quatro ou seis anéis de Benzeno fundidos, resultando em um sistema aromático plano.

É amarelado, produzido pela combustão incompleta da matéria orgânica. É encontrado principalmente em certos alimentos grelhados a carvão, gasolina e diesel, fumaça de cigarro e piche de alcatrão de carvão, fuligem e asfalto de petróleo. Foi detectado também em exaustores de motores de automóveis e em águas subterrâneas de alguns locais.

#### METAIS NA ÁGUA

A sociedade humana, devido a sua imensa variedade de atividades, acrescenta ao meio ambiente, através de despejos não controlados, quantidades de metais que se somam às naturais, como exemplo as resultantes do intemperismo natural de rochas primárias. Esta crescente contaminação foi ignorada até o trágico evento do envenenamento por mercúrio observado no Japão, a partir do que houve um maior interesse em determinação de metais pesados.

A maioria desses metais é encontrada naturalmente no meio ambiente como traços em baixas concentrações, dissolvidos e não dissolvidos. Produzem efeitos danosos quando presentes em excesso, como é o caso de metais micronutrientes, como o cobre, o zinco, o ferro. Entretanto, outros são mais tóxicos e prejudiciais à vida em muito baixas concentrações, como e o caso do mercúrio e chumbo, cádmio, cromo e níquel.

A bioacumulação de metais pesados na flora e fauna aquática atinge o homem, um dos últimos elos da cadeia trófica, produzindo efeitos subletais e letais, decorrentes de disfunções metabólicas.

A seguir estão descritas as características de alguns metais citados nas legislações ambientais:

• **Alumínio (Al)**

É um dos metais mais abundantes na natureza, na qual representa 7,5% de sua composição. As maiores concentrações são na água doce, diminuindo na água do mar, embora não se encontra abundantemente no estado dissolvido ( $Al^{3+}$ ,  $[AlF]^{2+}$  ou complexos orgânicos) ou no estado livre, formando mais frequentemente compostos que, em geral, contêm oxigênio.

O alumínio é encontrado, ainda, em combinação com outros elementos químicos, como o silício, formando sedimentos do tipo alumino-silicatos ou feldspatos, argilas, micas. Atualmente, constitui-se num dos metais mais usados na indústria, principalmente a bauxita, salientando-se a fabricação de estruturas metálicas. Portanto, ele é de intenso uso pela humanidade, considerando-se, ainda, a vantagem de que esse metal na sua forma sólida, é mecanicamente resistente, leve, dúctil e maleável (Coelho, 1990).

Em estações de tratamento de água potável, o alumínio é adicionado na água a ser tratada sob forma de sulfato de alumínio ou outros sais, como o policloreto de alumínio (PAC). O sulfato de alumínio é um sal ácido, e assim, acaba acidificando a água onde é adicionado, o que é resolvido (processo de neutralização) pela posterior adição de cal.

O alumínio funciona como clarificante no tratamento de águas (floculante), porque forma flocos na água a ser tratada, nos quais as impurezas e íons se aglomeram. Como os flocos são densos, eles decantam nos tanques de decantação dessas estações, onde forma-se um resíduo sólido rico em alumínio (lodo residual), que se descartado em ambientes aquáticos, pode contaminá-los aglomerando-se junto ao fundo ou, quando novamente ressuspensos, turvando a água.

A ingestão de alumínio via água ou alimentos, num longo prazo, pode ocasionar aumentos da osteoporose, porque o alumínio pode substituir o cálcio na composição dos ossos. Pode também favorecer o aparecimento de doenças neurológicas como o Mal de Parkinson e doenças degenerativas mentais, além de doenças renais e até tumores. Há também hipóteses que relacionam a ingestão de alumínio com desequilíbrios nos neurotransmissores, como a acetilcolina (Coelho, 1990).

• **Bário (Ba)**

O bário é um metal alcalino terroso. Ocorre na natureza basicamente como barita, ou como  $BaSO_4$  e  $BaCO_3$ , ambos sais de baixas ou nulas solubilidades.

O bário é estável no ar seco, mas é prontamente oxidado pelo ar úmido ou água, quando produz hidróxidos e libera o hidrogênio. Muitos dos sais de bário são insolúveis, tanto em água quanto em ácidos e, estes quando solubilizados, são por vezes tóxicos. Entretanto, sais de bário tem relativa baixa solubilidade, sendo geralmente e rapidamente precipitados ou removidos da água por adsorção ou sedimentação.

Embora o bário na sua forma metálica seja dúctil e maleável, seu maior valor comercial encontra-se nos seus compostos, os quais são usados numa variedade de aplicações industriais, na metalurgia, pintura, vidro e indústrias de eletrônicos, bem como para fins medicinais (Train, 1979).

As doses fatais de bário para o homem são na ordem de cerca de 550 a 600mg. A ingestão de sais de bário pode também resultar em infecções do aparelho gastrointestinal, causando náuseas, vômitos e diarreias. No sistema nervoso central causa violentos espasmos seguidos, em alguns casos, de paralisia.

#### • **Berílio (Be)**

Berílio é um metal alcalino terroso. Em geral, não ocorre em níveis significativamente tóxicos em águas de ambientes naturais. Os sais cloreto e nitrato de berílio são muito solúveis em águas, o sulfato é moderadamente solúvel, o carbonato e o hidróxido são quase insolúveis na água fria.

O berílio ocorre naturalmente em rochas ígneas e entra na constituição de outros minerais da biosfera. Em água doce, sua toxicidade varia inversamente com a dureza da água. O maior potencial de risco para seres vivos é via inalação de gases e poeiras contendo berílio, presentes em emissões provenientes de processamento e operações de fábricas. Isso causa a beriliose, que se caracteriza por pneumoconiose e granulomas de várias espécies.

Esse metal pode se originar como resíduo de tratamento de minerais. Em reatores nucleares é usado como moderador de fluxo de nêutrons (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Cádmio (Cd)**

O cádmio é um metal muito tóxico, que ocorre na natureza frequentemente como um sal sulfito ou na forma iônica. A contaminação por cádmio deve ser vista com cuidado, pois no homem, somente entre 5 a 10% do cádmio ingerido, frequentemente via ingestão de animais contaminados, é excretado. Entretanto, a bioacumulação do cádmio é de 25 anos e progressiva nos indivíduos que se nutrem de organismos contaminados, mesmo que com baixas concentrações (Martin *et al.*, 1976).

Exposições a esse metal já causaram sintomas parecidos ao de envenenamento por alimentos. A acumulação excessiva de cádmio no homem resulta na doença do Itai-itai, que produz problemas de metabolismo do cálcio, acompanhado de descalcificação, reumatismos, nevralgias, proteinúrias e problemas cardiovasculares (Train, 1979). Altas concentrações acumuladas nos organismos destroem o tecido testicular e as hemácias sanguíneas e pode levar a efeitos mutagênicos e teratogênicos (Manahan, 1994).

Segundo Nilsson (1970), o cádmio tem uma alta afinidade por grupos sulfidrilas, hidroxilas e ligações contendo nitrogênio. Assim, unindo-se a tais grupos em sistemas enzimáticos, esse metal bioacumulado pode afetar processos bioquímicos e fisiológicos

básicos e produzir distúrbios de funções centrais do organismo, mesmo em concentrações muito baixas na água, como distúrbios iônicos bivalentes e metabolismo dos carboidratos alterados.

Os fatores de concentração pelos organismos marinhos podem atingir entre  $10^2$  a  $10^3$  da concentração na água. No ambiente marinho, as larvas em geral e as algas são muito sensíveis à presença de cádmio dissolvido. O acúmulo de cádmio em solos na vizinhança de minas e fundições resulta em altas concentrações nas águas próximas.

O cádmio é normalmente despejado na água por indústrias de perfumaria, cimentos, cerâmicas, refinarias de petróleo, reatores nucleares, têxteis, de clareamento de metais, indústrias de plásticos, fabricação de carvão ativado e produtos fotográficos (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Chumbo (Pb)**

O chumbo é um metal pesado tóxico na sua forma dissolvida e, principalmente na forma iônica, pois assim está muito disponível para assimilação pela biota aquática, podendo atingir fatores de concentração na ordem de 1400 vezes as concentrações na água (é acumulativo) (Coelho, 1990).

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 forte contaminação 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 em três níveis: sistema nervoso, sanguíneo e problemas renais (Goyer & Chisolm, 1972), e ainda a doença conhecida com Saturnismo, a qual é um excelente exemplo de doença ambiental. Muitos casos dessa doença resultam da progressiva absorção e armazenamento de pequenas quantidades de chumbo, até que níveis tóxicos eventualmente se acumulam no organismo.

Algumas vezes, a exposição é maciça e o envenenamento se desenvolve subitamente. Em crianças, a contaminação pode causar retardamento mental e anemia. As vítimas podem apresentar sintomas de fadiga e irritação (Manahan, 1994).

As indústrias que mais lançam o chumbo na água são refinarias de petróleo e produção de cerâmicas. Pode se originar da extração e tratamento de minerais, em resíduos de gráficas, a partir de pinturas com zarcão, em corantes (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Cobalto (Co)**

O cobalto é um metal encontrado na natureza nos minerais Esmaltita ( $\text{CoAs}_2$ ) e Cobaltita ( $\text{CoFeAsS}$ ). O cobalto em baixas concentrações é indispensável ao organismo animal, sendo um dos constituintes da vitamina  $\text{B}_{12}$ .

Não é muito tóxico para os organismos marinhos quando as concentrações na água forem menores que 10mg/L. Os fatores de concentração desse metal pelos animais marinhos variam entre  $10^2$  a  $10^4$  com relação a concentração na água.

Para o homem, fortes quantidades ingeridas durante longos períodos podem provocar lesões do sistema nervoso, afecções cardíacas e uma perturbação das atividades tireoidianas e espinhais. Parece improvável que as quantidades que poderiam ser ingeridas pelo homem a partir de organismos aquáticos, possam ser nocivas (Martin *et al.*, 1976).

Esse metal é usado na indústria para fabricação de várias ligas, na indústria de vidros, cerâmicas, como pigmentos e como catalisador em reações químicas, podendo estar presente em efluentes não tratados destas indústrias.

#### • **Cobre (Cu)**

O cobre apresenta-se dissolvido na água predominantemente nas formas de  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{CuCO}_3$  e  $\text{CuOH}$ .

Semelhante ao zinco, o cobre também é um oligoelemento indispensável para a vida, porque participa de algumas atividades enzimáticas e entra na composição de várias proteínas de vertebrados, invertebrados e de grande parte de vegetais aquáticos. Entretanto, quando em concentrações elevadas representa um perigo para a biota, pois tem uma grande capacidade de se bioacumular em determinados tecidos vivos, magnificando as suas concentrações ao longo da cadeia trófica, atingindo o homem. Além do mais, pode desestruturar algumas proteínas enzimáticas essenciais ao ser vivo.

De um modo geral, a toxicidade do cobre aumenta com a sua solubilidade, sendo influenciada pelas variações da temperatura, salinidade, pH, e dureza, entre outros fatores, que influenciam a absorção do cobre, modificando a permeabilidade dos tecidos e agindo sobre a velocidade do metabolismo e, logo, da sua excreção (Kantin *et al.*, 1980).

Em águas contaminadas por esse metal, pode haver uma coloração esverdeada no manto interno das ostras, que são muito sensíveis a esse metal e, assim, tornam-se impróprias para consumo. Devido a que o paladar humano detecta o gosto metálico do cobre, não é muito frequente a contaminação por ingestão de animais muito contaminados. O homem pode sentir alterações nos alimentos com concentrações de cobre até cerca de 5 a 7mg/L, e menos do que isso já é difícil a percepção (Lowman *et al.*, 1966). Concentrações na água na ordem de 0,010mg/L são capazes de afetar a fotossíntese e o crescimento de algas (Martin *et al.*, 1976).

Os compostos de cobre são venenosos e muito usados como fungicidas. Como exemplo, citamos o sulfato de cobre que é indicado como controlador de diversas enfermidades de vegetais. Além disto, é muitas vezes adicionado à água de piscinas a fim de impedir o crescimento de algas (algicida), ou pode ser usado em tintas anti-incrustantes para pinturas de cascos de embarcações, para evitar as incrustações de organismos aquáticos. É também utilizado na indústria, em estamperia de tecidos e na confecção de células eletrolíticas (Coelho,

1990), em indústrias de celulose, indústrias fotográficas, em inseticidas (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Cromo (Cr)**

O cromo é um metal muito resistente e pouco abundante. Junto ao ferro, forma aço inoxidável. Em outras formas é utilizado para curtir couros e em laboratórios para limpeza de vidrarias (Coelho, 1990).

A presença de cromo hexavalente em volumes superiores a 0,05mg/L é suficiente para a rejeição de um suprimento de água. Concentrações na ordem de poucos ppm (mg/L) já podem reduzir a fotossíntese de maneira notável para organismos algumas cianobactérias e produtores primários (exemplo, *Microcystis sp.*).

O cromo não parece se acumular de maneira importante no corpo humano, o que reduz consideravelmente o risco da ingestão de peixes e moluscos contaminados por esse metal (Martin *et al.*, 1976).

Embora o cromo tenha o estado de oxidação variando de  $Cr^{2+}$  a  $Cr^{6+}$ , a forma trivalente é a mais estabelecida na natureza.

Cromo é encontrado no ar, no solo e em alguns alimentos. Em muitos sistemas biológicos ele é reconhecido como elemento essencial para os humanos, quando ingerido em baixas concentrações (Train, 1979).

A atividade biológica do cromo, isto é, este efeito como um metal essencial, se restringe a seu estado trivalente ( $Cr^{3+}$ ). Para um pH normal de sangue, o  $Cr^{3+}$  existe nas macromoléculas insolúveis, as quais precipitam e tornam-se biologicamente inertes. O cromo na forma  $Cr^{3+}$  dissolvido não está significativamente presente em águas de pH 5 ou superior, porque o óxido hidratado é pouquíssimo solúvel.

O cromo é um metal tóxico, principalmente na sua forma hexavalente. É lançado no meio aquático por indústrias de diversas origens, como: curtumes, cromagem de metais e na preparação de corantes, explosivos, cerâmica, papel.

É originado do tratamento de minerais, na metalurgia (especialmente a do aço), proteção contra corrosão, galvanoplastia e anodização do alumínio. Também têm origem em processos de indústrias eletroquímicas de cromados e ácidos crômicos, em pinturas e explosivos, cerâmicas e vidrarias, produtos fotográficos (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Estanho (Sn)**

O estanho é um metal dotado de grande maleabilidade, o que lhe permite formar folhas de estanho, sendo também amplamente usado em ligas metálicas.

Apesar de não referido na maioria das legislações ambientais, o estanho é encontrado na natureza como Cassiterita ( $SnO_2$ ), que é um óxido de cor marrom escura. É utilizado para proteger a folha de flandres contra a corrosão e, esta folha é muito utilizada para a fabricação de latas para a indústria de conservas alimentícias.

Ocorre naturalmente na crosta terrestre na proporção de 40g/T. Quanto à toxidez, os sais de estanho são tóxicos em muito pequena quantidade (Coelho, 1990).

• **Ferro e Manganês (Fe e Mn)**

O ferro é um metal que se oxida (forma a ferrugem ou  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) rapidamente quando em contato com ar úmido ou com água que contenha oxigênio, ficando então na forma de férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), muito pouco solúvel.

É necessário ao metabolismo dos seres vivos. Portanto, as baixas concentrações são indispensáveis à manutenção da vida no meio aquático. É um micronutriente. Assim, pode ser usado biologicamente, quando ingerido sob forma solúvel, no tratamento de anemia. Passa ser tóxico a partir do consumo de concentrações diárias excessivas. No ser humano, a intoxicação causa gastroenterite com ulcerações e hemorragias nos casos graves.

O ferro, mesmo em pequenas concentrações, se estiver na forma oxidada, pode causar amarelamento da água e em maiores concentrações pode causar sabor e odor na mesma (Paranhos, 1996). Por isso, águas ferruginosas, como algumas águas subterrâneas, tem prejudicados seus consumos via captação direta, pois amarelam as roupas durante as lavagens, ressecam cabelos e causam incrustações e manchas amareladas em instalações sanitárias e em canalizações.

Em excesso e na presença de oxigênio, pode remover o fosfato da água, porque esse íon se associa ao ferro férrico por adsorção física e ou reação química ocorrente em águas com pH neutro ou em torno disto, com posterior precipitação de ambos elementos químicos (pode formar fosfato férrico) (Esteves, 1998).

O fosfato dissolvido é um fitonutriente indispensável para os produtores primários, como o fitoplâncton e outros vegetais. Portanto o ferro funciona como uma “esponja” na presença de oxigênio, para a retirada do fosfato dissolvido, o que em excesso pode tornar o fósforo um forte fator limitante da produção primária.

Em Estações de Tratamento de Água (ETA) esta estratégia pode servir, sob rigoroso controle adequado, para a remoção do excesso de fosfato dissolvido em águas brutas de mananciais a serem potabilizadas, diminuindo as florações oportunistas em águas tratadas expostas à luz.

Quanto ao manganês, seu minério mais importante é a Pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ). Esse metal aparece na natureza sob a forma de um mineral maciço negro ou de fino pó negro, sendo utilizado em ligas com o ferro com o objetivo de conferir maior dureza a liga. As coprecipitações de manganês com hidróxidos de ferro podem aumentar suas acumulações pelas algas e esponjas que ficam junto ao fundo dos ambientes aquáticos. As larvas de ostras podem morrer a partir de concentrações em torno de  $15\mu\text{g/L}$ , sendo que concentrações ainda mais baixas já podem ser nocivas para algas.

A concentração de manganês nos tecidos humanos é, provavelmente, regulada pelas

variações das taxas de excreção. Por isso, a ingestão de alimentos contaminados por manganês não apresenta grandes riscos à saúde. Em águas naturais sem poluição, o ferro e o manganês estão em baixas concentrações dissolvidos, pois as suas formas predominantes são as oxidadas, que são mais insolúveis ( $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{4+}$ ).

O manganês é menos prejudicial que o ferro, pois ao se oxidar precipita sem significativos carregamentos de nutrientes essenciais à biota, o que não é o caso do ferro.

Quanto à origem desses metais, o ferro e o manganês surgem nas águas devido à dissolução de compostos constituintes do solo, principalmente em ambientes redutores e com ausência de oxigênio dissolvido, onde esses metais apresentam-se na forma predominantemente solúvel, reduzida ( $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ), mais abundante na água intersticial dos sedimentos. Podem, também, ser originados de corrosões, de efluentes ácidos de minas e ação microbiana.

O ferro pode estar presente em rejeitos de mineração, de metalurgias e na fabricação de corantes (anilina) entre outros. O manganês pode estar presente em rejeitos de usinas de tratamento da pirita, ao qual este metal é associado, metalurgia (baterias secas), indústrias de vidro e de cerâmica, pinturas, vernizes (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Lítio (Li)**

Este metal alcalino pode estar presente em algumas espécies de plantas, no leite e no sangue dos mamíferos e em muitas águas minerais.

Está presente principalmente nos minerais conhecidos como Espodumênio e na Petalita, que é uma variedade de feldspato na forma de silicato de alumínio e lítio.

Seus principais usos na indústria são: o carbonato de lítio usado na fabricação de cerâmicas, de vidros e de graxas lubrificantes, também o brometo e o cloreto de lítio, usados na fabricação de sistemas de condicionadores de ar. O hidróxido de lítio é um componente das baterias alcalinas. Resíduos não tratados destas indústrias ou dessas baterias podem lançar lítio antrópico para o ecossistema.

Os sais de lítio solúveis podem ser úteis na área médica, pois são usados no tratamento da depressão maníaca. Passam a serem tóxicos para os organismos quando atingem concentrações plasmáticas maiores que 2,5mEq/L, sendo fatal quando o lítio tiver concentração maior que 4mEq/L.

#### • **Mercúrio (Hg)**

O mercúrio, na sua forma metálica ( $\text{Hg}^0$ ), é líquido na temperatura ambiente, tendo a tendência de vaporizar-se. Além dessa forma, sob condições naturais, este metal pode estar presente em mais dois diferentes estados de oxidação: íon mercurioso e íon mercúrico, que são formas mais estáveis. Os compostos mercúricos são mais tóxicos que os mercuriosos.

Em doses toleráveis pela legislação ambiental, o mercúrio não se acumula no organismo, podendo ser excretado através dos rins, colo, bile, suor e saliva.

A mobilização do mercúrio no ambiente como formas metiladas, ocorre pela ação das bactérias anaeróbicas ou aeróbicas, em baixo pH, e representa aumento de toxicidade deste metal no meio. No interior dos seres vivos, o mercúrio apresenta-se significativamente em formas metiladas.

Manahan (1994) evidenciou que altas concentrações em peixes é consequência da formação de íons monometilmercúrio solúveis e de dimetilmercúrio volátil, pelas bactérias anaeróbicas nos sedimentos. O mercúrio nesses peixes concentra-se nos lipídios, quando os fatores de biomagnificação com relação a água podem atingir um fator de  $10^3$ . Este autor citou também que, em águas neutras ou alcalinas, a formação do dimetilmercúrio é favorecida, salientando que estes compostos voláteis podem escapar para a atmosfera.

O íon mercúrio II combina-se fortemente com proteínas dos seres vivos, e age especialmente sobre os tecidos dos rins, destruindo a capacidade destes órgãos de remover do sangue os produtos normais de eliminação (Coelho, 1990). Além disso, compostos mercuriais são precipitantes protêicos capazes de inativar enzimas envolvidas na respiração celular.

Outros males por intoxicação por mercúrio referem-se à atrofia das células granulosas do cerebelo e a destruição de células nervosas, gerando paralisias, irritabilidade, insanidade e depressão. Os principais sintomas em um ser vivo intoxicado são a fadiga, as perdas de memória, a turvação das vistas, podendo chegar à morte.

O mercúrio e, sobretudo, os compostos organomercúricos reduzem a fotossíntese do fitoplâncton a partir de concentrações de  $0,1\mu\text{g/L}$ , salientando-se que este valor é bem inferior àquele recomendado como máximo para águas potáveis (Martin *et al.*, 1976). Harris (1970, citado em Martin, 1976) mostrou que somente  $1\mu\text{g/L}$  de qualquer complexo mercúrico é suficiente para reduzir o crescimento do fitoplâncton, enquanto que em concentrações superiores a  $50\text{mg/L}$  não ocorre mais nenhum crescimento.

O mercúrio pode, ainda, formar compostos sulfidrílicos e fosforílicos no meio aquático e, assim, lesar as membranas celulares dos seres vivos.

Em meios redutores ricos em sulfetos, este metal pode apresentar-se precipitado associado com os sulfetos, formando assim moléculas de muito baixa solubilidade e enriquecendo os sedimentos em mercúrio.

Quanto à utilização deste metal, ele é empregado em termômetros barométricos e em muitos aparelhos científicos. Suas ligas são denominadas “amalgamas”, que são usadas em odontologia. Entretanto, convém salientar que o mercúrio metálico assim usado, é bem menos tóxico do que na sua forma química de metil mercúrio.

O mercúrio é um componente frequentemente presente em fungicidas. É também usado em fábricas de explosivos, farmacêutica e energia atômica, que despejam o mercúrio na água junto com os seus efluentes, caso os mesmos não sejam devidamente tratados antes de suas emissões no meio aquático (Martin, 1976). Na indústria farmacêutica, foi utilizado até 2001 em

baixas concentrações para fabricação de mertiolate e mercúrio cromo, ambos teoricamente com ação bactericida. Atualmente, a comercialização desses medicamentos está proibida.

Muitas tintas anti-incrustantes usadas em embarcações podem possuir mercúrio, assim como em tintas anticorrosão. Este metal é também utilizado na fabricação do PVC (cloreto de polivinila).

Outra fonte importante de mercúrio para alguns ecossistemas aquáticos é a garimpagem do ouro, o que ocorre no Brasil, principalmente na região do Pantanal Mato-grossense e na Amazônia. Nesse processo, o mercúrio é usado na amalgamação do ouro. O complexo amalgamado contendo o ouro e o mercúrio é separado através da sublimação do mercúrio, que sendo tóxico, não deveria ser lançado no ambiente por efluentes não devidamente tratados ou por volatilização para a atmosfera.

#### • **Níquel (Ni)**

O níquel é um metal traço (pouco concentrado) que ocorre na natureza em meteoritos e em depósitos naturais, pode também ser proveniente do derramamento de óleo cru. Apresenta como seus principais sais o NiAs, o NiS e o (NiFe)S. Existem sais de níquel trivalentes, porém na maioria dos compostos, o níquel tem valência 2.

Em muito baixas concentrações, pode ser um nutriente essencial para algumas espécies. Entretanto, contaminações ambientais por níquel podem causar alterações patológicas nos processos metabólicos dos organismos presentes neste ambiente, problemas respiratórios e dermatites. As doses letais são compreendidas entre 0,5 e 10mg/L para peixes de água doce, mas estão vizinhas de 100mg/L para peixes de água do mar. Em fracas concentrações, o níquel é mais tóxico para as plantas do que para os animais. O consumo pelo homem de animais contaminados por níquel não provoca intoxicações ou efeitos nocivos significativos (Martin *et al.*, 1976).

É usado na fabricação de ligas, tais como as usadas na cunhagem de moedas. É empregado na obtenção de aço inoxidável e, também, como condutor de corrente elétrica sob a forma de fios e na produção de rejeitos de aço inoxidável, indústrias eletrônicas e de eletricidade, catálises químicas, galvanoplastia (Martin *et al.*, 1976).

Seus sais são, geralmente, verdes e ainda são usados na galvanoplastia (Von Sperling, 1995).

#### • **Prata (Ag)**

Este metal é pouco mais denso que o cobre. É usado em cunhagem, joalheria e fabricação de talheres. No ambiente, os principais minérios da prata são: prata nativa (Ag), encontrada ocasionalmente, Argentita (Ag<sub>2</sub>S) e Caragirita (AgCl). Os teores dissolvidos maiores que 5µg/L são tóxicas para as larvas de ostras e peixes. Entretanto, para o homem, o consumo de organismos fracamente contaminados por prata é pouco nocivo (Martin *et al.*, 1976).

A prata é relativamente tóxica. No entanto, a maior parte dos seus sais não são venenosos em relativas baixas concentrações devido as características de seus ions negativos.

Estes compostos são absorvidos pelo corpo e permanecem no sangue até se depositarem nas membranas mucosas, formando uma película acinzentada. A intoxicação por prata chama-se “*Argiria*”.

Sais de prata são usados nos processos de revelação de fotografias, tais como AgCl e AgBr, este último mais sensível à ação da luz (Coelho, 1990) e na fabricação de espelhos e na galvanoplastia.

#### • **Tálio (Tl)**

Este metal pode apresentar valência química 1 em compostos taliosos ou valência 3 em compostos tálicos. Possui dois isótopos estáveis, de massa 203 e 205. Seus compostos no meio ambiente são muito venenosos.

Ocorre naturalmente em pequenas quantidades na composição dos minerais como a Pirita, a Blenda e a Hematita e em alguns minerais raros como a Crookesita, a Lorandita. Os processos de exploração desses minerais podem resultar em poeiras e resíduos de tálio para o meio ambiente, assim como lançamento em águas de resíduos não tratados de fábricas de ácido sulfúrico (BARSA, enciclopédia, 1993).

Atualmente, sob a forma de sulfato, pode ser usado como raticida. As contaminações por este elemento químico podem ocasionar sede, insônia, constipação, neurite óptica e queda de pelos e cabelos.

#### • **Urânio (U)**

Quimicamente é considerado um metal de transição interna, sendo o elemento natural de maior número atômico. Possui três isótopos, nos seguintes percentuais:  $^{238}\text{U}$ : 99,27%;  $^{235}\text{U}$ : 0,72% e  $^{234}\text{U}$ : 0,01%. É um metal bastante reativo, podendo reagir de forma relativamente fácil com o oxigênio. Ocorre na natureza, principalmente, sob as formas de um silicato complexo (Pechblenda) e de vanadato de potássio e de urânio. A extração mineral do urânio e de seus minérios é um processo difícil.

O isótopo  $^{235}\text{U}$  sofre fissão, que é a decomposição em dois outros átomos de massas atômicas muito menores, outros nêutrons, libertando grande quantidade de energia sob a forma de calor. Assim, para que esse metal possa ser usado como combustível nuclear é necessário proceder-se ao enriquecimento do urânio natural, que contém baixo percentual desse urânio radioativo.

Está presente na natureza em rochas ígneas, em águas oceânicas e em granitos, naturalmente em baixas concentrações (BARSA, enciclopédia, 1993).

Como fonte antrópica, está presente em resíduos de usinas nucleares. Entretanto, deve ser também considerado que processos operacionais que envolvem o urânio, como a sua mineração, a sua moagem, o seu enriquecimento isotópico, a fabricação do combustível, a operação com reator nuclear da usina e o reprocessamento como combustível podem representar importantes

fontes deste metal para o meio ambiente, a partir de perdas ou emissões.

Esse metal assim gerado, quando lançado no meio aquático, pode facilmente ser adsorvido nos sedimentos, no plâncton, nas algas bentônicas, entrando na cadeia trófica, quando se biomagnifica.

Quando radioativo, este metal pode causar alterações genéticas, como aberrações e mutações cromossômicas subsequentes à exposições crônicas a esse tipo de metal. Baixos níveis do mesmo no meio aquático também podem causar prejuízos à biota, como danos ao DNA de peixes e invertebrados (Kennish, 1992).

#### • **Vanádio (V)**

O vanádio é considerado um metal de transição sob o aspecto de sua classificação química. É essencial para certos animais em baixas concentrações. Entretanto, em altas, pode induzir a efeitos tóxicos e interferir nos processos metabólicos normais. Aves marinhas podem ser expostas ao vanádio lançado no meio ambiente como resultado do derramamento de óleos ou descarregamento de navios.

Foram registrados efeitos do vanádio no metabolismo dos lipídeos em pássaros e mamíferos. As respostas desses efeitos são dependentes das espécies, da idade e da composição das espécies. As alterações no metabolismo dos lipídeos causadas pelo vanádio são consideradas biologicamente significantes. Aves aquáticas são expostas à contaminação deste metal através da cadeia alimentar, quando ingerem invertebrados contaminados.

Um aumento na dieta de algumas espécies aquáticas é refletido no aumento de resíduos deste metal nos tecidos dos animais que vivem em ambientes contaminados, sugerindo um relacionamento estreito entre níveis corporais e os níveis do meio ambiente contaminado. A presença de vanádio nos ossos e no fígado de organismos aquáticos bioindica bem a contaminação ambiental por esse metal.

O vanádio é um constituinte natural no petróleo, alcançando nessas concentrações de 500mg/L ou superiores. Sob a forma de pentóxido de vanádio é usado como catalisador na oxidação industrial do anidrido sulfuroso a anidrido sulfúrico, que é então usado na obtenção do ácido sulfúrico. O vanádio é também utilizado na fabricação de aços especiais (aços vanádios), caracterizados por sua grande resistência e tenacidade (BARSA-enciclopédia, 1993)

Pode estar presente em rejeitos não tratados de refinarias de petróleo, na combustão do carbono, fabricação do carvão ativado e em indústrias químicas como as de produtos orgânicos, corantes e no preparo do anidrido ftálico (Martin *et al.*, 1976).

#### • **Zinco (Zn)**

O zinco na natureza ocorre sob diversas formas, como carbonatos, sulfetos, silicatos, óxidos. É usado na fabricação de pilhas, em chapas para coberturas de casas e na fabricação de ligas (Coelho, 1990).

É tóxico para as larvas de moluscos a partir de 0,4mg/L nos estuários. Uma concentração muito elevada afeta o crescimento e o desenvolvimento de larvas no meio aquático.

Para mamíferos e peixes, o caráter não acumulativo deste metal e por ele ser nutriente essencial ao metabolismo celular em baixas concentrações, torna-se pouco nocivo. Entretanto, as ingestões de sais de zinco solúvel em altas concentrações podem afetar o tubo digestivo. Excesso desse metal bioacumulado pode causar mudanças adversas na morfologia e fisiologia dos peixes.

Quando as concentrações forem agudamente tóxicas, podem resultar em enfraquecimento geral e alterações histológicas amplas em muitos órgãos, exceto as brânquias. O crescimento e a maturação são retardados nesse caso. Peixes que vivem junto ao fundo lodoso e aí se alimentam (exemplo, bagres, tainhas, paratis, linguados) apresentam maiores concentrações bioacumuladas (EPA, 1976).

As indústrias que lançam o zinco na água são normalmente metalúrgicas, galvanoplastia, indústrias químicas (tintas, inseticidas), indústrias farmacêuticas, indústrias de produtos luminescentes, fibras artificiais e de tintas anti-incrustantes (Martin *et al.*, 1976).

Este metal também pode chegar até o meio aquático através de rejeitos de processos de mineração e presente em efluentes domésticos não tratados.

## MICROCISTINA

Classe de toxinas produzidas por certas algas verde-azuladas de água doce. Até o momento, mais de 50 microcistinas diferentes foram descobertas, das quais a microcistina-LR é a mais comum.

A microcistina, um heptapeptídeo monocíclico, é produzida principalmente pela cianobactéria *Microcystis aeruginosa*. São caracterizadas por alguns aminoácidos variáveis, dois deles com uma estrutura não usual que possuem importante papel na hepatotoxicidade da microcistina.

Apesar do acometimento humano atribuído as microcistinas incluem gastroenterite, reações alérgicas ou irritativas, neurotoxicidade, o principal alvo da toxina é o fígado. Nos hepatócitos as microcistinas são carregadas pelo sistema transportador do ácido biliar, inibindo a atividade da proteína fosfatase no citoplasma. A inibição leva a mudanças morfológicas na membrana plasmática pela hiperfosforilação de citoqueratinas, e à atividade de promoção tumoral pelas proteínas hiperfosforiladas.

## NITROGENADOS (Compostos)

Dentro do ciclo biogeoquímico na biosfera, o nitrogênio altera-se entre várias formas e estados de oxidação (combinação com o oxigênio). No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas químicas: (a) Nitrogênio molecular ( $N_2$ ) em equilíbrio entre a água e a atmosfera; (b) Nitrogênio orgânico (dissolvido, como em aminoácidos solúveis, e em suspensão); (c) Nitrito ( $NO_2^-$ ); (d) Nitrato ( $NO_3^-$ ) e (e) Nitrogênio amoniacal (gás Amônia ou

Amoníaco:  $\text{NH}_3$ , somado analiticamente ao íon Amônio  $\text{NH}_4^+$ ).

As concentrações de Nitrogênio amoniacal aumentam na água a partir da decomposição de proteínas da matéria orgânica e vários outros compostos biológicos nitrogenados. Quanto à importância do nitrogênio, pode-se citar (Von Sperling, 1995):

– o nitrogênio é indispensável para o crescimento de vegetais e organismos em geral, pois é utilizado para síntese de aminoácidos da própria espécie. Quando em elevadas concentrações e associado ao Fosfato, em lagos, em outras áreas aquáticas rasas e em represas, conduz a um crescimento exagerado de alguns organismos vegetais, muitas vezes oportunistas, o que caracteriza o processo de eutrofização;

– os processos bioquímicos de oxidação do Amônio a Nitrito (Nitrificação parcial) e deste para Nitrato (Nitrificação total ou Nitratação), implica no consumo de oxigênio dissolvido do ambiente, o que pode afetar a vida aquática, quando a oxigenação do ambiente é menor do que o consumo por esses processos. Entretanto, estes processos de oxidação reduzem a toxicidade dos compostos químicos;

– em um ambiente aquático, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição. Sendo assim, quando a poluição for recente, o perigo para a saúde é maior. Nesse caso, em geral o nitrogênio está presente sob a forma de Nitrogênio orgânico, que pode gerar pela mineralização microbiológica (decomposição da matéria orgânica biodegradável), o Nitrogênio amoniacal (processo da Amonificação).

Numa poluição mais remota, se houver condições aeróbicas, o Nitrogênio amoniacal se oxida e passa às formas de Nitrito e de Nitrato, menos tóxicas. Assim sendo, nos processos de tratamento biológico de águas residuárias, as determinações de Nitrogênio orgânico e de Nitrogênio amoniacal são feitas para verificar a eficiência do tratamento. Quanto menores as concentrações, melhor a eficiência (mais oxidação do nitrogênio para Nitrito e Nitrato).

• **Nitrogênio amoniacal** ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) (ou simplificada e chamado de amônio)

É o somatório de duas formas dissolvidas: o Amoníaco ou Amônia ( $\text{NH}_3$ ) e o íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), cujas proporções relativas dependem do pH, da temperatura e da salinidade ocorrentes no ambiente amostrado.

Com o aumento da temperatura e diminuição do pH, as concentrações do íon Amônio aumentam consideravelmente (ionização do  $\text{NH}_3$ ). Por convenção, diversos autores têm concordado em chamar o  $\text{NH}_4^+$ , de Amônia ionizada ou Amônio e o  $\text{NH}_3$ , de Amônia não ionizada. A soma ou o  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$  pode ser chamada simplesmente de Amônio, Amônia total ou, mais oficialmente de Nitrogênio amoniacal.

O nitrogênio na forma do gás Amônia livre ou não ionizada é diretamente tóxica aos peixes. Como esta forma é mais tóxica, as concentrações de  $\text{NH}_4^+$  podem se elevar sem que sua toxicidade seja muito crítica, no caso do pH e da temperatura permanecerem dentro de certos limites.

Quanto ao Amônio, altos valores são encontrados em meios anóxicos (sem oxigênio), onde ocorre uma intensa mineralização microbiológica anaeróbica (sem contato com o oxigênio do ar ou da água) da matéria orgânica (amonificação), e em locais próximos a efluentes urbanos. Este parâmetro é um bom quimioindicador de contaminação orgânica de um ambiente aquático.

O Nitrogênio amoniacal ocorre naturalmente nas águas de superfície e em águas residuárias. O principal produto de excreção dos organismos aquáticos é a Amônia, resultante do catabolismo das proteínas (Campbell, 1973). É produzida principalmente pela hidrólise da uréia (Paranhos, 1996).

Embora Day *et al.* (1986) citam a concentração de  $5\mu\text{M}$  (ou  $0,07\text{mg/L}$ ) de  $\text{N-NH}_4^+$  como normal em ambientes estuarinos não contaminados, na Resolução nº 357 do CONAMA (2005), as concentrações limites para o Nitrogênio amoniacal são altas (exemplo, água salobra, Classe 1:  $0,4\text{mg/L}$ ).

Quanto a Amônia, Train (1979) considera que a concentração maior que  $0,02\text{mg/L}$  já apresenta uma toxicidade significativa para a biota. Em virtude disso, no processo da classificação do estuário da Laguna dos Patos (FEPAM, 1995), o menor limite de Amônia estipulados para águas doces, Classe 1 e águas salobras, Classe B, ficou como sendo  $0,02\text{mg/L}$  de  $\text{NH}_3$ .

#### • **Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )**

No ciclo do nitrogênio, os íons Nitrito representam o estado intermediário entre o Amônio e o Nitrato, sendo também considerado nutriente. Em fracas concentrações de oxigênio, pode haver redução do Nitrato (Denitrificação), elevando as concentrações de Nitrito.

O Amônio presente em grande quantidade em águas fracamente oxigenadas transforma-se em Nitrito (Nitrificação parcial). Portanto, a presença de altos teores de Nitrito nas águas significa uma alta atividade bacteriana e carência de oxigênio. Valores altos podem ser encontrados para as águas de saídas de esgotos domésticos e relativas carências de oxigênio, sendo que assim, o Nitrito pode ser utilizado como indicador de aportes antrópicos de matéria orgânica.

O Nitrito pode ser adicionado em alguns processos industriais para inibir a corrosão (Manahan, 1984), por exemplo, pode ser incorporado a um sistema de abastecimento de água (em águas de uso industrial) (Adams, 1990).

Aminot & Chaussepied (1983) citam a concentração até  $1\mu\text{M}$  (ou  $0,014\text{mg/L}$ ) de Nitrito como normal em ambientes estuarinos não contaminados. Entretanto, talvez pela relativa baixa toxicidade desse nutriente na água, cita-se o exemplo da Resolução nº 357 do CONAMA (2005), que recomenda concentrações máximas muito altas (exemplo, água salobra, Classe 1:  $0,07\text{mg/L}$ ).

#### • **Nitrato** ( $\text{NO}_3^-$ )

É a forma oxidada mais estável do nitrogênio em solução aquosa, sendo um importante nutriente dissolvido para os produtores primários. É regenerado (formado) por via bacteriana (processo da Nitrificação total, Nitratação ou oxidação total do Amônio) a partir do Nitrogênio orgânico presente na matéria orgânica, que pela decomposição microbiológica se transforma em Nitrogênio amoniacal (Amonificação).

Portanto, a produção do Nitrato resulta da oxidação bacteriana do Amônio, tendo o Nitrito como intermediário. No processo fotossintético, o Amônio é a forma diretamente assimilável pelos produtores primários, enquanto que o Nitrato, quando assimilado, deve se reduzir obrigatoriamente à forma de Amônio dentro da célula por processo enzimático. Nesse caso, há gasto significativo de energia pelos organismos que assimilaram o Nitrato. Ou seja, há maior gasto de energia na assimilação do Nitrato do que na de Amônio.

A velocidade de regeneração ou formação do Nitrato é, em geral, menor do que a assimilação pelos produtores primários, resultando em menores concentrações de Nitrato na coluna da água com alta assimilação (Carmouze, 1994). Em efluentes domésticos pouco aerados, a concentração de Nitrato costuma ser baixa, mas em efluentes de estações de tratamento biológico com tanques de aeração para o Amônio se oxidar (nitrificação), ele pode ser encontrado em níveis maiores.

Quantidades excessivas de Nitrato em águas de abastecimento podem contribuir para causar o mal chamado Meta-hemoglobinemia (Síndrome do bebê azul), que pode acometer crianças de até três meses de idade (Silva, 1990).

Aminot & Chaussepied (1983) citam concentrações até 10 a  $15\mu\text{M}$  ( $0,21\text{mg/L}$ ) de Nitrato como normais em ambientes estuarinos não contaminados. Entretanto, talvez pela baixa toxicidade na água, a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) recomenda concentrações máximas muito altas (exemplo, água salobra, Classe 1:  $0,4\text{mg/L}$ ).

#### ÓLEOS E GRAXAS

Considera-se “Óleos e graxas” os materiais recuperados nas condições de análise devido à sua solubilidade em um solvente orgânico específico para a análise química em questão, com propriedades físicas semelhantes.

Incluem, além dos hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras e também outros materiais possíveis de extração química pelo solvente, de amostras acidificadas, tais como compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila. Excluem-se da determinação aqueles compostos que, embora extraídos pelo solvente, sejam volatilizados durante os procedimentos normais de análise. Assim, a gasolina e o querosene não podem ser determinados com confiança por qualquer método de extração usando-se solvente orgânico.

Estima-se que, anualmente, entram no mar 5 a 10 milhões de toneladas de óleo (Blumer, 1970). A maior dificuldade encontrada no estabelecimento do limite oficial tolerável para as

concentrações de Óleos e graxas está no fato deste parâmetro não possuir categorias químicas definidas, mas incluir milhares de compostos orgânicos com variáveis físicas, químicas e propriedades toxicológicas diferentes. Eles podem ser voláteis ou não, solúveis ou insolúveis, persistentes ou facilmente degradáveis (Train, 1979).

Quando presentes em quantidade excessiva, eles podem interferir com os processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, causando ineficiência do tratamento de águas residuárias. Podem, ainda, causar acúmulo excessivo de escória em digestores, podem obstruir os poros dos filtros industriais e impedir o uso do lodo orgânico como fertilizante.

Quando descartados junto com águas residuárias ou efluentes tratados, podem formar filmes sobre a superfície das águas ou depositar-se nas margens, assim causando problemas ambientais. Impedem assim, a oxigenação natural das águas e dos sedimentos submersos, causando anoxia e favorecendo a formação de gases reduzidos tóxicos, mal cheirosos. Podem causar morte de organismos por entupimento de brânquias e guelras e sistemas de filtração em animais filtradores.

Na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os Óleos e graxas são compostos por materiais graxos de origem animal e vegetal, e por hidrocarbonetos originados do petróleo. O conhecimento da percentagem desses constituintes no total de Óleos e graxas é importante na escolha dos processos de tratamento de águas residuária e no combate à poluição de recursos aquáticos.

### OXIGÊNIO DISSOLVIDO (O<sub>2</sub>) E SUAS DEMANDAS

O oxigênio é um elemento químico de essencial importância para organismos aeróbicos (que necessitam de oxigênio livre para viver). É o gás mais abundante na água depois do nitrogênio, e também o mais importante, já que nenhum ser aeróbico pode viver sem respirar (Vinatea Arana, 1997).

As principais fontes do oxigênio dissolvido na água são:

1. intercâmbios da água com a atmosfera;
2. maior hidrodinâmica (aeração);
3. produção pelos organismos produtores primários, via fotossíntese.

De acordo com Boyd (1979), as concentrações do oxigênio dissolvido são mais altas em águas a 0°C e decrescem com o aumento da temperatura, quando a solubilidade desse gás diminui.

Portanto, o CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> são gases que desempenham papel relevante em processos biológicos, tais como a fotossíntese (libera oxigênio e consome gás carbônico), a respiração e a decomposição da matéria orgânica (processos inversos da fotossíntese).

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

quantificado nos estudos da atividade fotossintetizadora dos produtores primários e da corrosividade da água.

Assim sendo, altos valores de oxigênio dissolvido (supersaturação na água) são indicadores da presença de vegetais fotossintéticos. Baixos valores podem indicar a presença de matéria orgânica (provavelmente originada de esgotos), ou seja, alta biomassa de bactérias aeróbicas decompositoras e/ou alta taxa respiratória.

Quanto ao seu consumo, durante a estabilização aeróbica da matéria orgânica (decomposição ou mineralização), as bactérias e outros seres decompositores fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, diminuindo a presença desse gás no meio. Dependendo da intensidade com que esse oxigênio é consumido e da taxa de aeração do ambiente aquático ou da taxa da fotossíntese (fontes de oxigênio), diversos seres locais podem morrer, inclusive peixes, devido a subsaturação desse gás na água (Von Sperling, 1995).

Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbicas no meio (anoxia ou ausência de oxigênio) e a geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos, que assim tornam-se mais solúveis e biodisponíveis, por exemplo, os metais pesados e o fosfato retidos na coluna sedimentar ou compondo partículas. Além disso, em condições anóxicas na água ou nos sedimentos, formam-se gases reduzidos fétidos tóxicos para a biota, como sulfídrico, metano e amoníaco.

Como outra fonte de consumo de oxigênio, pode-se citar a presença (ou o aporte) de muitos compostos químicos reduzidos. Estes são ávidos por se oxidarem causando um consumo adicional do oxigênio. Exemplos são a oxidação do Nitrogênio amoniacal até Nitrato (Nitrificação) e a oxidação do ferro ferroso para férrico, do sulfeto para sulfato.

Portanto em síntese, segundo Vinatea Arana (1997), as baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem ser consequências das seguintes situações

- durante a noite, o fitoplâncton muito abundante, retira o oxigênio da água, por meio de processos de respiração (contrário do ocorrido durante o dia);
- aumento da carga de matéria orgânica antrópica ou natural na água, a ser decomposta pelas bactérias decompositoras, com alta taxa respiratória;
- dias encobertos, que diminuem significativamente os processos de fotossíntese;
- morte repentina do fitoplâncton, gerando muita matéria orgânica e baixando a fotossíntese;
- contaminação da água com substâncias e compostos inorgânicos oxidáveis (como ferro ferroso, sulfetos).

### Demandas de Oxigênio

- **DBO<sub>5</sub>** (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

É definida quimicamente como a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar (oxidar)

a matéria orgânica biodegradável presente na amostra analisada, com auxílio de micro-organismos, principalmente bactérias decompositoras, incubadas num período de 5 dias a 20°C.

É um teste biológico/químico importantíssimo para medir/estimar a quantidade de matéria orgânica presente no ambiente ou no efluente, embora de forma indireta. Baseia-se na diferença do oxigênio inicial da amostra antes da incubação e no oxigênio final depois da mesma ( $O_d$  inicial –  $O_d$  final).

Se a quantidade de matéria orgânica é pequena, as bactérias decompositoras necessitarão de pequena quantidade de oxigênio para decompô-la, então a  $DBO_5$  será baixa. As moléculas orgânicas de estruturas complexas e altos valores energéticos da matéria orgânica são utilizados pelos seres heterótrofos (no caso as bactérias) como fonte de alimento e energia. Para ocorrer esse processo de nutrição e, assim, liberação de energia, há necessidade que organismos aeróbios respirem. Quando esses micro-organismos respiram, roubam do meio uma determinada quantidade de oxigênio, ou seja, provocam uma demanda de oxigênio (Silva, 1990).

Resumindo: tem-se alimento (matéria orgânica), seres vivos (organismos decompositores) e oxigênio. Isso provocará uma intensa multiplicação de micro-organismos, e conseqüentemente, maior será a demanda de oxigênio. Conclui-se que a demanda bioquímica de oxigênio é uma medida das necessidades respiratórias de uma população microbiológica que necessita de matéria orgânica como fonte de energia, considerando-se que o “tamanho” dessa população é proporcional à quantidade de matéria orgânica presente na amostra.

Num rio de águas límpidas com razoável teor de oxigênio dissolvido, se for lançado certo volume de esgotos, observa-se que o teor de oxigênio de suas águas diminuirá imediatamente porque:

1. O esgoto possui alimento (matéria orgânica) para os micro-organismos;
2. O esgoto possui seres vivos e também favorece a proliferação desses.

Assim, o oxigênio fornecido ao processo respiratório, provém da reação atmosférica, com pequena contribuição do oxigênio produzido por fotossíntese dos produtores primários. Os esgotos ricos em matéria orgânica promoverão um roubo de oxigênio dissolvido nas águas, isto é, uma demanda de oxigênio. Portanto, dependendo da intensidade de renovação do oxigênio num ambiente, o excesso do consumo desse gás pela decomposição da matéria orgânica ( $DBO_5$ ) poderá resultar em mortalidade de animais pela falta desse gás (Silva, 1990).

#### • **DQO** (Demanda Química de Oxigênio)

É a quantidade de oxigênio exigido para a oxidação química completa da matéria oxidável total presente nas águas, tanto orgânica (biodegradável ou não) como inorgânica, como compostos reduzidos ávidos por oxigênio. Essa maior amplitude de avaliação do consumo de oxigênio em uma amostra de água ou de efluente, diferencia este teste da  $DBO$ , que só avalia a matéria orgânica biodegradável. Portanto, a  $DQO$  baseia-se na quantificação

do consumo de oxigênio pelos componentes oxidáveis da amostra.

A análise se baseia na adição na amostra de um oxidante forte, com posterior titulação da mesma (análise volumétrica de óxi-redução, como a dicromatometria).

Em locais e em amostras que contém substâncias tóxicas para as bactérias decompositoras a análise do carbono orgânico total ou da DQO são as maneiras de determinar-se a carga orgânica da amostra, já que a  $DBO_5$  não pode ser aplicada nesse tipo de amostra, porque há morte das bactérias. No caso da presença de biocida na amostra, o resultado da DBO é subestimado, podendo ser até nulo, mesmo na presença de matéria orgânica biodegradável na amostra.

Quando uma amostra contém matéria orgânica, mas não contém compostos tóxicos oxidáveis, o resultado da DQO pode também ser usado para estimar-se o valor da  $DBO_5$  carbonácea (resultante da decomposição da matéria orgânica ou carbono orgânico) (Silva, 1990).

Portanto, em química ambiental, usa-se os resultados da DQO para estimar a quantidade de matéria orgânica biodregradável (como carbono orgânico), somada a quantidade dos compostos oxidáveis presentes na amostra analisada.

### PESTICIDAS: INSETICIDAS E HERBICIDAS

São produtos químicos usados no manejo de todos os tipos de pestes. Um grande problema para o meio ambiente é que, sendo os pesticidas mais solúveis nos lipídeos do que na água, vão se acumular nas graxas dos organismos marinhos, havendo biomagnificação ao longo da cadeia alimentar. Em princípio, os teores elevados nos níveis tróficos superiores podem ser devido à ingestão de organismos inferiores contaminados.

O transporte dos pesticidas nos estuários ocorre na forma solúvel e na fase associada ao material em suspensão, sendo que esta última contém geralmente cerca de  $10^4$  mais resíduos de pesticidas do que na água. As suspensões podem contaminar mais facilmente os organismos, principalmente os filtradores (mariscos, cracas, entre outros), pois estes permanecem mais tempo no estuário que a água (Martin *et al.*, 1976).

A Resolução nº 357 do CONAMA (2005) refere-se às concentrações de pesticidas na água e efluentes, sendo que para os organismos consumíveis deve ser procurada uma legislação específica para alimentos.

Em 22 de maio de 2001, em Estocolmo (Suécia), a convenção das Nações Unidas proibiu o uso de 12 das substâncias mais tóxicas utilizadas no mundo, os chamados poluentes orgânicos persistentes (POPs), ou os “12 sujos”. Entre eles, estão oito pesticidas, sendo o Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrin, Heptaclor, Mirex e Taxafeno, abaixo comentados.

Esses POPs permanecem ativos por muito tempo no meio ambiente e viajam grandes distâncias pela água e pelo ar. Eles são absorvidos por plantas, organismos marinhos microscópicos e algumas espécies de insetos. Podem ser consumidos pela maioria dos animais e, no meio aquático contaminam especialmente os peixes e outros organismos posicionados mais no topo da cadeia alimentar, sendo essa contaminação favorecida por processos de

bioacumulação e biomagnificação. Quando ingeridos pelos humanos, os POPs ficam armazenados nos tecidos gordurosos e passam para os bebês por meio da placenta e do leite materno. Podem causar câncer, diabetes, malformações congênitas e atraso no desenvolvimento infantil (“O fim dos 12 sujos”, Jornal Zero Hora, 2001).

Caracterização dos inseticidas e herbicidas citados nas legislações ambientais:

#### I – INSETICIDAS:

##### **a) Hidrocarbonetos clorados ou organoclorados**

Quando forem líquidos são conhecidos como solventes clorados. São compostos orgânicos contendo ao menos um átomo de cloro ligado covalentemente a um átomo de carbono (por isso o termo organo), mais o hidrogênio, podendo ter também o oxigênio.

Várias empresas fabricam hidrocarbonetos clorados, também conhecidos como clorocarbonetos.

São bastante tóxicos e carcinogênicos. Em geral, uma vez ingeridos pelos organismos, os hidrocarbonetos lipossolúveis vão sendo estocados dentro das reservas lipídicas, sendo transferidos ao longo da cadeia alimentar. São muito tóxicos para peixes, mais do que para mamíferos e aves. Têm efeito neurotóxico e atuam semelhantemente ao DDT, descrito adiante.

Parecem afetar os animais inicialmente no sistema nervoso, seguido de tremores, convulsões e prostrações. Causam distúrbios no balanço do sódio e do potássio com os neurônios, mas de uma forma diferente do DDT (Ware, 1989).

##### • Aldrin ( $C_{12}H_8Cl_6$ ); Dieldrin e Endrin ( $C_{12}H_8Cl_6O$ )

O Aldrin e o Dieldrin são inseticidas organoclorados sintéticos, que foram extensamente utilizados em várias culturas. Depois, de modo geral, foram banidos por todos os países devido à sua persistência ambiental e suspeita de serem potencialmente carcinogênicos.

No ambiente, o Aldrin é rapidamente epoxidado e convertido em Dieldrin, o qual é mais resistente à biotransformação e à degradação abiótica que o Aldrin. Esta conversão pode acontecer através da ação da luz solar e de bactérias. O Dieldrin é, por conseguinte, o composto predominantemente detectado no ambiente, mesmo quando somente o Aldrin foi utilizado.

Devido às suas propriedades físico-químicas, o Dieldrin apresenta características de bioacumulação e biomagnificação no ambiente. De 1950 a 1970, o Aldrin e o Dieldrin foram extensamente utilizados, particularmente nas culturas de algodão e milho. A partir da década de 1970 até final de 1987, o uso ficou restrito ao controle de cupins e depois foi banido. Devido ao uso pretérito, o Aldrin e o Dieldrin ainda estão presentes no ambiente.

O Aldrin grau técnico apresenta pureza de 95%, sendo que as impurezas incluem octaclorociclopentano, hexaclorobutadieno, tolueno e produtos de polimerização. O Dieldrin grau técnico apresenta pureza mínima de 85%. Ambos os compostos evaporam lentamente, sendo a evaporação do Aldrin mais rápida do que a do Dieldrin (WHO, 1992; CETESB, 2008).

O Endrin é o endo estereoisômero do Dieldrin, sendo um inseticida de amplo espectro. Estruturalmente relacionado ao Aldrin e Dieldrin, o Endrin é o que apresenta maior toxicidade aquática. Ainda que o Endrin apresente baixa volatilidade, pode ser encontrado na atmosfera após a nebulização das culturas, transformando-se, principalmente, em Cetoendrin.

O Endrin reage fotoquimicamente com radicais livres presentes na atmosfera, apresentando meia-vida de poucos dias neste meio. No meio aquoso, liga-se fortemente às partículas do sedimento, aí se concentrando.

No solo, o Endrin é persistente e imóvel. É hidrofóbico e se adsorve nas partículas do meio, apresentando meia-vida de até 12 anos. Sua persistência depende da temperatura, incidência de luz e composição do solo (WHO, 1992).

Em animais, o Endrin é rapidamente biotransformado, armazenando-se em menor quantidade no tecido adiposo, diferentemente dos demais compostos de estrutura química similar. Sua biotransformação difere entre as espécies independentemente da via de introdução (WHO, 1992).

#### • **Clordano** (C<sub>10</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>8</sub>)

Sinônimo popular: Toxiclor. Não são conhecidas as fontes naturais de emissão. É uma mescla de substâncias químicas usadas como pesticidas. Suas fórmulas químicas incluem solventes orgânicos que podem ser inflamáveis.

É um líquido denso, que pode ser incolor ou âmbar. Seu odor também varia entre inodoro a leve e irritante.

O Clordano é um praguicida altamente tóxico para os humanos. Seus principais efeitos ocorrem no sistema nervoso, no fígado e no sistema digestivo. Pode absorver-se por inalação do pó, ou através da pele por ingestão, que quando for em concentrações elevadas pode causar desorientações e convulsões. É possivelmente carcinogênico para os humanos.

O Clordano não é biodegradável, pois persiste no solo e é bioacumulativo no meio ambiente. Na atmosfera se degrada ao reagir com a luz e com certas substâncias químicas presentes na mesma, podendo dispersar-se a longas distâncias (Ware, 1989).

#### • **DDT ou (dicloro-difenil-tricloroetano)** (C<sub>14</sub>H<sub>9</sub>Cl<sub>5</sub>)

É o mais conhecido dos organoclorados. Pertence à classe dos alifáticos difenil. É considerado persistente no ambiente pela sua estabilidade química no solo, na água e nos tecidos dos organismos, pois não é degradado por micro-organismos, pela luz ultravioleta, nem por enzimas.

Possui fraca especificidade. O estado químico do DDT, em condições de temperatura (0° a 40°C) é sólido. Trata-se de inseticida barato e altamente eficiente. É insolúvel em água, mas solúvel em compostos orgânicos como a gordura e o óleo e tem um odor suave.

Pode-se citar os produtos de degradação do DDT presentes, sobretudo, nos organismos superiores, como o DDD (Dicloro-difenil-dicloroetano), DDE (Dicloro-difenil-

dicloetileno) e o DDA (Dicloro-difenil-acético), este último sendo um produto mais facilmente excretável.

Como o DDT é facilmente transportado pelo ar e pela chuva, pode ser encontrado em lagos, por exemplo, mas quase sempre em níveis aceitáveis. Esta substância tem uma meia vida de vários dias em lagos e rios e se acumula na cadeia alimentar, pois os animais são contaminados por ele e depois ingeridos por seus predadores, que absorvem o DDT. O acúmulo de DDT na cadeia alimentar causa uma mortalidade maior do que o habitual nos predadores naturais das pragas, tornando questionável a utilidade do inseticida a longo prazo, uma vez que pode levar ao descontrole dos insetos. Além disso, o acúmulo da substância em peixes pode contaminar os seres humanos.

Pode contaminar ambientes aquáticos a partir de lixiviação, escoamento e drenagem de áreas agrícolas onde este inseticida tenha sido utilizado. Lavagens nesses ambientes de recipientes e embalagens contaminadas com DDT também causam a contaminação da água.

O DDT tem seu uso controlado pela Convenção de Estocolmo sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes, e teve sua fabricação, importação, exportação, manutenção em estoque, comercialização e uso, proibidos no Brasil pela Lei nº 11.936 de 14 de maio de 2009.

Quanto a sua toxicidade, foi o primeiro pesticida moderno largamente usado após a Segunda Guerra Mundial para o combate dos mosquitos causadores da Malária e do Tifo.

Apesar de sua eficiência, a bióloga norte-americana Rachel Carson, denunciou em seu livro "Primavera Silenciosa" (edição brasileira: 2010), que o DDT causava doenças como o câncer e interferia com a vida animal causando, por exemplo, o aumento de mortalidade dos pássaros. Por este e outros estudos o DDT foi banido na década de 1970 de vários países.

O DDT afeta os neurônios ou as fibras nervosas dos organismos, impedindo a normal transmissão dos impulsos nervosos. Isso ocorre tanto em insetos como em mamíferos. O resultado final pode resultar em convulsões e morte. O DDT parece não reagir com enzimas particulares. Atua interferindo fisicamente na permeabilidade das membranas. Destroi o delicado balanço de sódio e potássio em torno dos neurônios, como se gerasse um curto-circuito (Ware, 1989).

• **Endosulfan (ou Thiodan, Thionex, Phaser, Benzoepin) (C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>O<sub>3</sub>S)**

É um inseticida e acaricida. Este sólido incolor emergiu como um agrotóxico altamente controverso, devido à sua grande toxicidade, ao seu potencial de biocumulação e também por interrupção endócrina.

Banido em mais de 62 países, incluindo a União Europeia e várias nações ao Oeste da África e Ásia, continua sendo extensivamente usado na Índia e Austrália, por exemplo. A substância foi proibida no Brasil em agosto de 2010 pela Anvisa. A determinação foi fundamentada em estudos toxicológicos que associam o uso desse agrotóxico, considerado extremante tóxico, a problemas reprodutivos e endócrinos em trabalhadores rurais e na

população. Devido ao seu risco ao meio ambiente, um banimento global do uso e produção do Endosulfan está sendo considerado pela convenção de Estocolmo.

O Endosulfan destina-se ao controle de pragas de insetos, incluindo mosca-branca, pulgões, cigarrinhas, besouros da batata. Devido ao seu modo único de ação, é útil na gestão da resistência, visto que não é específico, pode impactar negativamente as populações de insetos benéficos. É, ainda assim, considerado moderadamente tóxico para as abelhas, mas é menos tóxico para elas do que os inseticidas organofosforados.

O Endosulfan é um derivado do Hexaclorociclopentadieno e é, quimicamente, similar ao Aldrin, Clordano e Heptacloro.

O Endosulfan técnico é uma mistura 7:3 dos estereoisômeros designados  $\alpha$  e  $\beta$ .

O  $\alpha$ - e o  $\beta$ -Endosulfan são isômeros conformacionais, decorrentes da estereoquímica piramidal do enxofre. O  $\alpha$ -Endosulfan é o mais, termodinamicamente, estável dos dois, portanto, o  $\beta$ -Endosulfan, irreversivelmente, converte-se para a forma  $\alpha$ -, embora a conversão seja lenta.

O Endosulfan é, presentemente, um dos pesticidas mais tóxicos encontrados no mercado, sendo responsável por muitos incidentes fatais, através de envenenamento, em todo o mundo. É, também, um xenoestrogênio, uma substância sintética que reproduz ou potência o efeito dos estrogênios, podendo atuar sobre o sistema endócrino, prejudicando o desenvolvimento e a reprodução (fertilidade, etc.) tanto em animais, como em seres humanos. É extremamente, neurotóxico, tanto para insetos, como para mamíferos, incluindo humanos. É um inibidor das enzimas  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ATPase. Ambas estão envolvidas na transmissão dos impulsos nervosos.

Os sintomas da intoxicação aguda podem incluir a hiperatividade, tremores, convulsões, falta de coordenação, desorientação, dificuldade em respirar, náuseas e vômitos, diarreia e, em casos graves, perda de consciência. Há ainda registro lesões cerebrais permanentes. Os agricultores, com exposição crônica ao Endosulfan, correm o risco de ocorrência de irritações e erupções na pele.

#### • Heptacloro ( $\text{C}_{10}\text{H}_5\text{Cl}_7$ ) e Epóxido de heptacloro

É conhecido como Oxirano. O Heptacloro também é um ciclodieno, apresentando as características de tais compostos (Ware, 1989). É um biocida usado no tratamento do solo, para sementes de milho, pequenos grãos e sorgo, ou aplicado diretamente na folhagem. Também é usado no controle de formigas, lagartas, larvas de insetos, cupins, besouros e outros insetos em solos cultivados e não cultivados. Outra utilização é no controle de insetos domésticos. Está presente como impureza no agrotóxico Clordano.

O Heptacloro tem seu uso restrito em muitos países e até mesmo proibido em outros, como o Brasil, pois ele faz parte da lista de poluentes orgânicos persistentes (POPs) da Convenção de Estocolmo, tratado internacional que visa a eliminação segura destes poluentes e a limitação de sua produção e uso, do qual o Brasil é signatário.

O Heptacloro é moderadamente persistente no solo, nas planas ou nos tecidos animais

aquáticos e terrestres, onde é convertido para a forma de seu Epóxido e a outros produtos de degradação.

Considera-se Epóxido um grupo reativo no qual um átomo de oxigênio é ligado a dois átomos de carbono do Heptacloro que estão unidos. Portanto, o Epóxido de heptacloro é um produto da oxidação do Heptacloro, não sendo produzido comercialmente. Ele se degrada mais lentamente e, portanto, é mais persistente que o Heptacloro. Além disso, tem uma toxicidade equivalente à do Heptacloro para mamíferos, plantas, insetos e em sistemas enzimáticos microssomiais dos organismos em geral.

Rápida metabolização do Heptacloro a sua forma Epóxido ocorre em organismos de níveis tróficos superiores, tornando a biomagnificação do Heptacloro insignificante nesses organismos, porém, a biomagnificação do Epóxido é significativa na cadeia alimentar terrestre, devido a sua alta persistência.

A exposição ao Heptacloro geralmente ocorre por ingestão de alimentos contaminados, como peixes, mariscos, derivados do leite, carnes e aves. Outras fontes de exposição são ingestão de água, inalação de ar ou contato com solo contaminado em locais com resíduos perigosos contendo Heptacloro e Epóxido de heptacloro. Pessoas que vivem em casas que passaram por processos de **descupinização** com Heptacloro podem ser expostas a contaminação por inalação.

A toxicidade aguda do Heptacloro em animais pode estar associada com alterações no sistema nervoso central, como excitabilidade, tremores, convulsões e paralisia. É conhecido que o Epóxido de heptacloro em mamíferos é especialmente acumulado em gorduras. Assim, pode ser contaminante do leite e da manteiga obtidos de animais contaminados de Heptacloro.

A exposição crônica de animais ao Heptacloro pode afetar o fígado e causar diminuição da fertilidade, mortalidade neonatal e alterações no sistema imunológico da prole.

#### • Lindano ( $C_6H_6Cl_6$ )

É um isômero gama do Hexaclorocicloexano, sendo um organoclorado utilizado com muita eficácia como pesticida, pediculicida e escabicida.

O Lindano é utilizado principalmente na agricultura intensiva e, por ser biocumulativo e apresentar toxicidade aguda e crônica nos seres vivos, teve sua importação proibida em 65 países e foi banido em 39 países.

Dependendo das propriedades do solo e do relevo da região, o Lindano pode ser carregado até rios, ficar retido no solo, ir para a atmosfera, ou ainda ser transportado por grandes distâncias. Os solos argilosos, por exemplo, com alto teor de matéria orgânica, tendem a reter resíduos por maior tempo, intensificando a persistência desse pesticida.

Muitos compostos organoclorados são recalcitrantes e apresentam alta resistência à degradação química e biológica. Os isômeros de Hexaclorociclohexano, como o Lindano, apresentam baixa solubilidade em água e alta solubilidade em solventes orgânicos,

especialmente os apolares e polares apróticos. A combinação entre a baixa solubilidade em água e a alta capacidade de adsorção na matéria orgânica favorece o acúmulo desses compostos ao longo da cadeia alimentar, especialmente nos tecidos ricos em gorduras dos organismos.

No solo e na água, é normalmente biodegradado por algas, fungos e bactérias, em outras moléculas cloradas, eventualmente menos tóxicas. Condições anaeróbicas e também aeróbicas favorecem a biodegradação ou metabolização do Lindano.

Seu efeito biológico não é diferente daquele do DDT, sendo que pode atuar através de desequilíbrio no balanço sódio/potássio dos neurônios dos organismos afetados, e provocar tremores, prostrações. Alguns riscos à saúde humana que estão associados a esta substância química podem ser: irritações pulmonares, problemas cardíacos e sanguíneos, encefalias, convulsões e alteração do nível de hormônios sexuais. Pode causar efeitos no sistema nervoso a partir de exposições de curta duração em níveis acima do 0,0002mg/L. Além disso, a temperatura corporal elevada e edema pulmonar têm sido relatados em crianças com exposições agudas do elemento (Ware, 1989).

• **Metoxicloro** ( $C_{16}H_{15}Cl_3O_2$ )

É um dos derivados do DDT, sendo seu substituto. Entretanto, tem uma biodegradabilidade razoável e apresenta relativa baixa toxicidade para os mamíferos (Manahan, 1994). Também é conhecido como DMDT, Marlate® o Metox®.

É uma substância química manufaturada que não ocorre naturalmente no ambiente. O Metoxicloro puro é um pó amarelo com leve odor a frutas. É usado como inseticida para moscas, mosquitos, larvas de ácaros e uma grande variedade de outros insetos. Tem sido usado em depósitos de cereais, em jardins domésticos e em animais.

O Metoxicloro liberado no ar eventualmente se deposita no solo, onde se adere firmemente em partículas. Não se dissolve facilmente em água, se depositando no fundo dos ambientes aquáticos. É degradado lentamente no ar e no solo pela luz solar e organismos microscópicos. Geralmente, não se acumula na cadeia trófica.

Em animais, a exposição a altos níveis de Metoxicloro pode resultar em convulsões, podendo alterar o ciclo sexual em fêmeas e em machos, pode afetar a fertilidade.

• **Toxafeno** ( $C_{10}H_{10}Cl_8$ )

É usado na agricultura, especialmente do algodão, sendo útil para aumentar o efeito de outros inseticidas, como o DDT e o Paration. Contém de 67 a 69% de cloro (Ware, 1989).

O Toxafeno é um inseticida constituído por mais de 670 compostos químicos de moléculas relacionadas e produto de sua síntese. Foi um dos pesticidas mais amplamente usados na década de 70. Está atualmente banido em 58 países.

É usado no controle de pragas do algodão, de cereais, árvores frutíferas e vegetais, entre

outras culturas. No passado foi utilizado no extermínio de espécies de peixes consideradas indesejáveis, e como desparasitante de gado e de aves.

Devido a sua baixa solubilidade em água, encontra-se mais facilmente no ar, solos ou nos sedimentos dos leitos de rios e lagos.

É intensamente acumulado nos lipídios e caracteriza-se pela sua alta toxicidade, persistência e capacidade de se bioacumular nos animais (Ware, 1989).

A exposição a este pesticida pode resultar da ingestão por humanos de animais contaminados, particularmente de peixes e crustáceos de água contaminada. A contaminação também pode ocorrer a partir da respiração nas proximidades em locais de deposição de Toxafeno.

Embora já tenha sido encontrado no leite materno, aparentemente não se acumula em grande extensão nos humanos. A exposição a elevadas concentrações está associada a disfunções renais, hepáticas, no sistema nervoso central, debilitação do sistema imunológico e câncer. O Toxafeno foi ainda relacionado com disfunção hormonal, diminuição da fertilidade e alterações comportamentais.

#### • **Dodecacloro pentaciclodecano ou Mirex-S** ( $C_{16}Cl_{12}$ )

Nome comercial é Mirex-S. É uma isca formicida. É utilizado para o controle de formigas e de vespas. Foi extensivamente utilizado como retardador de chamas em plásticos, borracha, papel e dispositivos elétricos.

O Dodecacloro pentaciclodecano é um possível cancerígeno humano, fundamentado em ocorrências de adenomas e carcinomas hepáticos.

Para ser usado em uma isca formicida, o inseticida deve ter características bem particulares, que o tornam adequado ao modo de ação específico da isca: ser inodoro e não repelente; apresentar ação tóxica retardada; ser letal em baixas concentrações; paralisar as atividades de corte (prejuízo causado pelas formigas), logo nos primeiros dias após a aplicação. Atualmente, a Sulfluramida é o único princípio ativo que congrega todas essas características. É o ingrediente ativo mais utilizado na fabricação de iscas formicidas para o controle de formigas cortadeiras e foi introduzido no mercado brasileiro, pioneiramente, em 1993, com a isca formicida Mirex-S.

#### **b) Compostos fosforados ou inseticidas organofosforados**

São inseticidas orgânicos que contêm fósforo, muitas vezes como derivados do ácido ortofosfórico. Têm relativa biodegradação e pouca ou nula bioacumulação. Em geral, são tóxicos porque inibem a enzima acetilcolinesterase (AChE), essencial aos impulsos nervosos e transmissores. A inibição de 40 a 70% desta enzima é letal (Train, 1979).

#### • **Demeton-O** ( $C_8H_{19}O_3PS_2$ )/**Systox®**

É um composto químico do grupo de ésteres de ácido tiofosfórico. Demeton-O é um líquido incolor a amarelado que é pouco solúvel em água. O produto técnico tem um cheiro

desagradável de Mercaptano.

Este é um inseticida sistêmico para as plantas, rapidamente absorvido pelas raízes, caules e folhagens. É aplicado junto à irrigação de solos para a eliminação de insetos, de parasitas em frutas, nozes, vegetais e outros produtos agrícolas (Ware, 1989).

Demeton-O é usado como uma mistura com Demeton-S como um pesticida para ácaros, pulgões e insetos, como a mosca branca e as cigarras. Ele apresenta um limite máximo recomendado pela legislação ambiental maior do que os outros organofosforados, porque parece não ter um efeito tão agudo quanto os outros na inibição da acetilcolinesterase (Train, 1979).

• **Gution® ou Azinfos-metil (AZM) (C<sub>10</sub>PN<sub>3</sub>H<sub>12</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

Este produto é extremamente perigoso, sendo um derivado heterocíclico dos organofosforados de amplo espectro, cujas estruturas são compostas por diferentes átomos, sendo uma neurotoxina.

Como outros pesticidas organofosforados, deve suas propriedades inseticidas (e toxicidade humana) ao fato de inibir a acetilcolinesterase. Serve tanto como inseticida quanto como acaricida usado na produção do algodão (Ware, 1989).

Quanto à persistência deste pesticida, em torno de uma semana é perdida cerca de 50% de sua ação química. Outros estudos em plânctons indicaram 48 horas para esta perda de atividade, e o aumento dessa perda foi atribuído à ação da luz solar e à ação de micro-organismos (Train, 1979).

Este pesticida não está registrado para consumo ou uso residencial. O uso do AZM foi banido nos EUA desde 2013, mas é frequentemente utilizado como ingrediente ativo em pesticidas organofosforados, como Gution, Gusation (GUS), Gusation-M, Cristion, Cotnion, Cotnion-metil, Metriltrizotion, Carfene, Bay 9027, Bay 17147 e R-1852. É por isso que Gution é frequentemente usado como um apelido para o AZM. Estudos demonstraram que o AZM puro é menos tóxico do que o GUS. Esta toxicidade aumentada pode ser explicada pelas interações entre os diferentes compostos na mistura.

O Gution pode entrar no corpo por inalação, ingestão e contato dérmico. Sua ingestão pode ser devido a sua presença como resíduos nos alimentos e na água potável de algumas regiões. Após a ingestão, pode ser absorvido pelo aparelho digestivo. Por contato com a pele, o AZM também pode entrar no corpo através de células dérmicas. A absorção através da pele é responsável pela exposição ocupacional a doses relativamente altas, principalmente em trabalhadores agrícolas. Uma vez que o AZM é absorvido, ele pode causar efeitos neurotóxicos, como outros inseticidas organofosforados. Outros possíveis efeitos nos animais são a interrupção do sistema endócrino, a disfunção reprodutiva e imune e o câncer.

O AZM é muito estável quando dissolvido em água ácida, neutra ou ligeiramente alcalina, mas acima do pH 11 é hidrolisado rapidamente para ácido antranílico, benzamida e outros produtos químicos.

Em ambientes aquáticos, os micro-organismos e a luz solar fazem com que o AZM se desintegra mais rápido. A meia-vida é altamente variável dependendo da condição ambiental, de vários dias a vários meses. Sob as condições normais, a biodegradação e a evaporação são as principais vias de desaparecimento. Após a evaporação, a AZM tem mais exposição à luz UV, o que provoca a fotodecomposição. Com pouca bioatividade e sem exposição à luz UV, pode atingir meias-vidas de cerca de um ano (Train, 1979).

• **Malation** ( $C_{10}H_{19}O_6PS_2$ )

É um líquido pardo amarelado que possui um odor forte. Em estado puro é um líquido incolor. O Malation de qualidade técnica contém mais de 90% de Malation e impurezas num solvente.

É um derivado alifático dos organofosforado, contendo uma cadeia de carbono com arranjo linear. Controla ampla variedade de insetos na agricultura, na saúde pública e em jardins. Apresenta-se com características diferenciadas dos outros pesticidas do seu tipo. Possui duas ligações carboxiésteres, as quais podem ser hidrolizáveis pelas enzimas carboxilases, tornando o produto menos tóxico (Ware, 1989). Essas enzimas responsáveis pela hidrólise do Malation estão presentes nos mamíferos, mas não nos insetos, resultando numa ação seletiva (Manahan, 1994).

Pode ser usado para matar insetos na agricultura e em jardins, para tratar piolhos e para tratar pulgas em animais domésticos. Usa-se também para matar mosquitos e a mosca da fruta em extensas áreas ao ar livre.

Dependendo de como é armazenado, pode produzir agentes tóxicos similares como o Isomalaton.

Quanto a seus efeitos tóxicos, é inibidor da acetilcolinesterase, impedindo a inativação do neurotransmissor acetilcolina (ACh). Permite assim, a sua ação mais intensa e prolongada nas sinapses nervosas (superestimulação colinérgica). Isso afeta a transmissão dos estímulos nervosos, causando efeitos muscarínicos (SN parassimpático), nicotínicos (SN simpático e motor) e no sistema nervoso central (SNC). A duração dos efeitos é determinada pelas propriedades do produto (solubilidade em lipídio, estabilidade da união à acetilcolinesterase e se o envelhecimento da enzima já ocorreu).

• **Paration** ( $C_{10}H_{14}NO_5PS$ )

É um potente inseticida e acaricida, sendo um derivado fenílico dos organofosforados estruturais. Contém ligação benzênica ligada com radicais contendo hidrogênio, fósforo, nitrogênio e enxofre. É um inseticida de amplo espectro, usado em ampla variedade de plantações. Apresenta relativamente baixa toxicidade para os humanos e animais domésticos, mas é efetivo no controle de insetos. Tem pouco efeito residual (Ware, 1989).

É um líquido marrom que afunda em contato com a água. Quando absorvido, sofre

biotransformação, formando um metabólito ativo de nome Paraoxon. Este também é um inibidor da acetilcolinesterase, e causa os sintomas do envenenamento. É uma das substâncias que mais causaram envenenamentos e mortes “acidentais” dentre os organofosforados.

### **c) Carbamatos**

São pesticidas orgânicos derivados do ácido carbâmico, tendo em geral alta solubilidade. Têm sido mais usados porque são mais biodegradáveis do que os organoclorados, e têm relativamente mais baixa toxicidade dérmica do que os pesticidas organofosforados.

#### **• Carbaril (Sevin) (C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>2</sub>)**

Geralmente é vendido pelo nome comercial Sevin, mas também pode ser encontrado como Adios, Carbamec, Denapon, Hexavin e Panam.

É um sólido, geralmente um cristal incolor, inodoro e solúvel em água. Dependendo do processo de produção, os cristais podem adquirir uma tonalidade branca ou cinza.

É usado principalmente como inseticida, mas também como moluscicida e acaricida em plantações, incluindo de soja, de milho e de cítricos. O Carbaril impacta negativamente inúmeros organismos aquáticos e representa uma ameaça a populações de insetos benéficos, como abelhas.

Este produto tem baixa toxicidade para os mamíferos, mas tem um amplo espectro de controle de insetos. A toxicidade desses Carbamatos para os animais deve-se ao fato de que esses compostos inibem a enzima Acetilcolinesterase, embora isso seja relativamente reversível. Essa inibição é causada pela hidrólise dos ésteres de Carbamatos, o que ocorre metabolicamente. Causa sintomas agudos, mas também pode causar efeitos mutagênicos em maiores exposições (Ware, 1989).

Em particular, não aparenta se concentrar em gorduras ou leites. A exposição ocupacional pode resultar em náusea, vômitos, visão embaçada, coma e dificuldade respiratória.

Assim como outros mamíferos, os humanos são afetados através do contato com a pele, ingestão e inalação. Os sintomas agudos, dada uma exposição suficientemente grande, podem incluir também queimaduras, irritação e cólicas abdominais. No entanto, a severidade dos sintomas é dependente da via de transmissão um possível carcinogênico, interruptor endócrino e tóxico para reprodução e desenvolvimento.

Uma influência conclusiva da substância é sua habilidade de causar efeitos mutagênicos em alguns animais.

Assim como outros inseticidas, possui alguns riscos ambientais e ecológicos, capazes de afetar os humanos, tanto direta quanto indiretamente. O Carbaril tem baixa persistência no solo, sendo rapidamente degradado por comunidades microbianas na superfície da água. No entanto, apresenta ameaça para organismos aquáticos alimentadores de fundo, como o peixe-

gato e o lagostim, os quais podem acumulá-lo em seus tecidos.

Fora da água, é relativamente atóxico para a maior parte da vida animal; por exemplo, para pássaros. Contudo, por afetar outros insetos mais sensíveis e benéficos, tais como abelhas e outros polinizadores.

## II – HERBICIDAS

São os ácidos fenóxi-alifáticos: o 2,4-D ou ácido (2,4-diclorofenóxi acético); o Silvex ou 2,4,5-TP ou ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi propiônico); o 2,4,5-T ou ácido (2,4,5-triclorofenoxi acético). Estes herbicidas são produzidos em larga escala. Conhecidos como compostos que matam ervas daninhas, sendo translocados através da planta. Eles têm complexo mecanismo de ação nos organismos, afetando a divisão celular, ativando o metabolismo que envolve o fosfato e modificando o metabolismo dos ácidos nucleicos (Ware, 1989).

### • **2,4-D ou ácido 2,4-diclorofenóxi acético ou (2,4-diclorofenol)** ( $C_8H_6Cl_2O_3$ ).

É um herbicida produzido durante o programa da guerra química e biológica no período da Segunda Guerra Mundial. Amplamente utilizado há mais de 70 anos, o ácido possui registro em mais de 70 países de todas as partes do mundo (inclusive na maioria das nações desenvolvidas). Nestes países, teoricamente, tem oferecido um controle confiável e com bom custo-benefício das principais plantas daninhas de folhas largas na agricultura, silvicultura, áreas de pastagens e na manutenção de margens de rodovias e áreas de passagem, além de gramados de residências e para fins profissionais.

O 2,4-D é usado com frequência para controlar plantas invasoras e em misturas para aumentar a eficiência de outros herbicidas.

### • **2,4,5-TP ou Fenoprop ou ácido 2-(2,4,5-triclorofenoxi acético propiônico)** ( $C_9H_7Cl_3O_3$ ).

É um herbicida e um regulador de crescimento de plantas lenhosas e para ervas daninhas.

Fenoprop foi proibido de uso como herbicida nos Estados Unidos desde 1985, onde foi usado com o nome **Silvex**. O nome 2,4,5-TP é mais usado na França.

### • **2,4,5-T ou ácido 2,4,5-triclorofenoxi acético** ( $C_8H_5Cl_3O_3$ ).

É um composto organoclorado, sendo um composto cristalino branco sem cheiro quando puro. O 2,4,5-T possui ligação com fenóxiacético que é neutralizado em reação com bases. As ligações C-Cl são também quebradas com bases, porém, mesmo o cloreto, que é o grupo labil, sua ligação com o anel aromático é mais estável em o fenóxiacético.

Quando impuro, possui um cheiro de vinagre e com cristais de coloração amarelada, laranja para marrom. Seu ponto de ebulição o decompõe, podendo ser destilado a vácuo. É um agente insolúvel em água e tende logo a reagir com ela, sendo assim, resistente a hidrólise com

a água em temperatura ambiente.

No ambiente é bem persistente, podendo permanecer por vários dias, semanas ou até meses. Pode causar, em curto prazo, tonturas, náuseas, dor de cabeça, fraqueza, dor abdominal, hipotensão, lesão renal e hepática, em médio prazo pode causar vômito e convulsões.

O ácido entra em contato com a água dos tecidos, reage com ela e produz cloreto de hidrogênio. O 2,4,5-T não é classificado como agente carcinogênico por diversas entidades, porém, uma impureza presente nele, a Dioxina, pode ser cancerígena.

Além disso, os agentes aromáticos halogenados são altamente solúveis em gordura e tendem a impregnar-se nela, por ser um agente halogenado. Ele pode ativar vários receptores que possuem o papel de proliferar macrófagos, o que causa em um aumento de neutrófilos (neutrofilia) e levando a uma resposta inflamatória generalizada na pele. Pessoas que tiveram contato direto com esse produto devem imediatamente se lavar intensamente em água corrente.

Este composto era o principal composto ativo no conhecido agente laranja, muito usado na guerra do Vietnã juntamente com o Napalm, os quais são duas armas altamente mortais. O uso de ambas foi proibido pela crueldade das consequências que provoca.

- **Alacloro** ( $C_{14}H_{20}ClNO_2$ )

É um herbicida e regulador do crescimento de plantas. Usado no controle pré-emergente das gramíneas anuais de algumas plantas indesejáveis que proliferam nas plantações de soja e de outras gramíneas. O principal uso do Alacloro é o controle de gramíneas anuais e ervas daninhas em culturas primárias, principalmente em milho, sorgo e soja. É o segundo herbicida mais usado nos Estados Unidos, particularmente em milho e soja.

Tem um potencial carcinogênico com possível incidência de adenomas e adenocarcinomas na corneta nasal e tumores estomacais a partir de ingestão de algumas doses. A sua bioacumulação a longo prazo e em doses altas pode também causar tumores no pulmão.

- **Atrazina** ( $C_8H_{14}ClN_5$ )

É um herbicida de tipo Triazina (grupo de compostos orgânicos com um anel semelhante ao Benzeno de seis membros planar, mas com três carbonos substituídos por nitrogênios), usado em plantações de milho, cana-de-açúcar e sorgo para o controle de ervas daninhas.

Mesmo sendo um herbicida antigo, é ainda empregado em alguns países devido ao seu baixo custo e porque atua em sinergia quando utilizado com outros herbicidas.

É um inibidor do fotossistema II do vegetal translocando somente via xilema. Este composto pode afetar o sistema reprodutor de rãs.

- **Glifosato** ( $C_3H_8NO_5P$ )

O Glifosato (*N*-(fosfometil)glicina) é um herbicida sistêmico de amplo espectro não seletivo e dessecante de culturas. É um composto organofosforado, especificamente um

fosfonato. O Glifosato é um aminofosfonato análogo ao aminoácido natural glicina, que ocupa o lugar desta na síntese proteica. Seu nome é uma contração de glicina mais o fosfato.

O Glifosato é o ingrediente ativo da fórmula de alguns herbicidas. Porém, essas formulações comerciais contêm, além de sais de Glifosato, certos aditivos, tais como surfactantes de diferentes tipos e em concentrações variáveis.

O Glifosato talvez seja um dos agrotóxicos mais famoso do mundo. No Brasil, são muitos os produtos comercializados com Glifosato. É usado para matar ervas daninhas, especialmente as folhosas perenes, e gramíneas que competem com as culturas. Tem o nome comercial **Roundup**, conhecido também no Brasil como Mata-mato.

Este herbicida pode ser genotóxico e cancerígeno. O Glifosato é absorvido através das folhas, e minimamente através de raízes, e transportado para pontos de crescimento. Ele inibe uma enzima vegetal envolvida na síntese de três aminoácidos aromáticos: fenilalanina, triptofano e tirosina. Portanto, é eficaz somente em plantas em crescimento ativo e não é eficaz como um herbicida de pré-emergência.

Um número crescente de culturas foi geneticamente modificado para serem tolerantes ao Glifosato (por exemplo, a soja geneticamente modificada), que permite que os agricultores usem o Glifosato como um herbicida pós-emergente. O desenvolvimento de resistência ao Glifosato em espécies de ervas daninhas está tornando-se um problema.

Apesar do Glifosato e suas formulações terem sido aprovados pelas entidades reguladoras em todo o mundo, persistem preocupações sobre seus efeitos no ser humano e no meio ambiente.

O Glifosato mata as plantas por inibição enzimática: enzima EPSPs, que sintetiza os aminoácidos aromáticos: fenilalanina, tirosina e triptofano. Os aminoácidos aromáticos são usados também para produzir metabólitos secundários como folatos, ubiquinonas e naftoquinas.

Toxicologistas têm estudado os efeitos isoladamente do Glifosato, dos seus aditivos e das formulações. Análises toxicológicas sugerem que outros ingredientes em combinação com o Glifosato podem ter maior toxicidade do que o Glifosato isoladamente, como é o caso da toxicidade para alguns anfíbios e peixes. Estas formulações podem conter certos componentes ditos "inertes" ou coadjuvantes, que muitas vezes não são informados, já que a legislação de diversos países não exige que esses ingredientes sejam revelados.

A Monsanto e outras empresas oferecem produtos de Glifosato com diferentes tipos de surfactantes especificamente formulados para uso aquático. A Monsanto produz o "Biactive" e o "AquaMaster".

Os Glifosatos ligam-se fortemente ao solo, onde é rapidamente metabolizado por desfosforilação. O uso massivo do Glifosato provocou a aparição de resistência, levando a um aumento progressivo das doses usadas, e assim a uma desvitalização e perda de fertilidade do solo. Este herbicida elimina também as bactérias indispensáveis à regeneração do solo. O Glifosato é geralmente menos persistente na água do que no solo.

A OMS considera que a substância tem um potencial cancerígeno. Há indícios de que o Glifosato do produto *Roundup* tenha efeitos nocivos sobre a saúde, como o aumento da incidência de certos tipos de câncer e alterações do feto por via placentária, gerando Microcefalia. Além disso, pode causar danos aos sistemas cardiovascular, gastrointestinal, renal, nervoso e respiratório. Também é uma substância bacteriogênica que impede a reprodução da flora intestinal. A substância também pode estimular o surgimento do Autismo.

Estudos *in vitro* demonstraram que o Glifosato reduz a produção de progesterona em células de mamíferos, e afeta a mortalidade de células placentárias. Há suspeitas de que o Glifosato pode atuar como disruptor endócrino.

- **Pentaclorofenol (PCP) (C<sub>6</sub>HCl<sub>5</sub>O)**

É um composto classificado como um derivado simples do benzeno, sendo um composto orgânico, polialogenado, aromático. Tem propriedade fungicida, porque reduz a taxa de crescimento e a esporulação dos fungos, provavelmente devido à combinação com compostos metabolicamente essenciais com radicais -NH<sub>2</sub> ou -SH (Ware, 1991).

O PCP foi usado até 1987 como desfoliante e dessecante na colheita da alfafa, alho e um tipo de ervilha. É um desinfetante, fungicida, inseticida, bactericida e moluscocida sintético. Além disso, este composto fenólico pode ter outras origens no ambiente aquático, como de efluentes não tratados de indústrias de processamento de madeira (usado como preservativo) e em esgotos domésticos não tratados.

Este composto pode causar desenvolvimento anormal de peixes em geral. O produto apresenta efeitos na formação fetal e é cancerígeno. A assimilação do PCP pelos organismos aquáticos ocorre através das guelras e da pele, sendo o sangue o distribuidor deste composto tóxico para os órgãos do corpo.

Em animais expostos a esse composto, pode haver bioacumulação no fígado e músculos, em exposições continuadas, a partir do que, podem se desenvolver mecanismos detoxificantes, como reação de conjugação com ácido glucurônico e excreções, sendo este último mecanismo feito diretamente (Murty, 1986).

- **Simazina (Aquazina) (C<sub>7</sub>H<sub>12</sub>ClN<sub>5</sub>)**

Este herbicida é usado no combate ao crescimento anual de gramíneas, ervas daninhas, e no controle de algas e gramíneas aquáticas.

A Simazina é um pesticida de uso geral. Está disponível em pó molhável, granulado dispersável em água, formulações líquidas e granulares. É um sólido cristalino branco. É estável a luz natural e temperaturas extremas, mas é hidrolisado por ácidos e bases mais fortes. É usada para controlar ervas de folhas largas e gramíneas anuais em culturas de campo e ornamental, em relvados e em pomares e vinhedos. Em taxas mais elevadas, é usado para o controle das ervas não seletivas em áreas industriais.

A Simazina é altamente tóxica se inalada, moderadamente tóxica se ingerida e ligeiramente tóxica por exposição dérmica. Não foram relatados casos de intoxicação em seres humanos por ingestão de Simazina. É ligeiramente irritante para a pele e moderadamente irritante para os olhos.

Os sintomas de toxicidade podem ser a dificuldade em caminhar, tremores, convulsões, paralisia, cianose, respiração retardada, miose (pupilas dos pontos), dor no intestino, diarreia e a função supra-renal prejudicada. Os sintomas exibidos por ovelhas envenenadas incluíram um menor consumo de alimentos, maior consumo de água. Consumir níveis elevados deste herbicida durante um longo período de tempo causa tremores, danos aos testículos, rins, fígado e tireóide, distúrbios na produção de esperma e mutações genéticas em animais.

A Simazina é persistente e não se adsorve fortemente às partículas do solo. Em combinação com uma longa vida útil do solo, esses fatores sugerem que a Simazina é susceptível de contaminar as águas subterrâneas. A sua tendência de lixiviação é limitada pela baixa solubilidade em água.

A Simazina está sujeita à decomposição por radiação ultravioleta, mas esse efeito é pequeno em condições normais no campo. Perda por volatilização também é insignificante. Nos solos, a atividade microbiana provavelmente explica a decomposição de uma quantidade significativa de Simazina.

A vida média da Simazina em lagunas é de 30 dias, com a vida média real dependente do nível de presença de algas, do grau de infestação de plantas daninhas e de outros fatores. As plantas absorvem Simazina principalmente através das raízes, com pouca ou nenhuma penetração foliar. Das raízes, é transladada para cima para os caules, folhas e brotos crescentes da planta.

Este herbicida atua para inibir a fotossíntese. As plantas resistentes metabolizam facilmente a Simazina para subprodutos possivelmente mutagênicos. As plantas que são sensíveis à Simazina acumulam-na inalterada. É possível que o gado ou a vida selvagem que pastoreia sobre estas plantas possam ser envenenados.

A Simazina apresenta um ligeiro risco de incêndio se exposto ao calor e à chama. Pode queimar, mas não se acende facilmente. A decomposição térmica da Simazina pode libertar óxidos tóxicos de nitrogênio e carbono, e fumos tóxicos e corrosivos de cloretos.

• **2,4,6-triclorofenol** ( $C_6H_3Cl_3O$ )

A fórmula pode ser escrita de outra forma para destacar a hidroxila:  $C_6H_2Cl_3OH$ .

É um composto orgânico usada como desfolhante e conservante, derivado do fenol em que três hidrogênios (ligados ao anel benzênico) são substituídos por cloro. Por causa das várias posições que os três átomos de cloro podem ter em relação à hidroxila, este composto tem vários isômeros: 2,3,4-triclorofenol; 2,3,5-triclorofenol; 2,3,6-triclorofenol; 2,4,5-triclorofenol; 2,4,6-triclorofenol; 3,4,5-triclorofenol.

Como substância, herbicida, fungicida, inseticida e antisséptico é comercializada pelos nomes de **TCP, Phenaclor, Dowicide 2S, Dowicide 2S e Omal**. Esta substância com grau (pureza) técnico pode conter contaminantes como dibenzodioxinas policloradas (PCDDs), dibenzofuranos policlorados (PCDFs) e outros compostos.

Este composto orgânico pode estar presente na água do ambiente ou num efluente não tratado, como consequência do aporte de cloro em águas que já contenham fenol. A presença do clorofenol resulta em sabor medicamentoso muito forte (que é percebido antes do odor desagradável) nas águas, mesmo em baixas concentrações, a partir de 0,0002mg/L (Soria & Chavaria, 1978). A ingestão pode causar Leucemia e um aumento da incidência de linfomas e câncer do fígado.

- **Trifuralina** ( $C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$ )

É um herbicida seletivo, de ação sistêmica, de pré-emergência do grupo químico dinitroanilina. A Trifluralina **Nortox Gold** (um nome comercial) é apresentada na formulação de um concentrado emulsionável. Sua aplicação é feita através de pulverização após o plantio, em pré-emergência das plantas daninhas principalmente gramíneas. Este herbicida é indicado para as culturas de arroz, feijão, milho e soja, tanto no sistema de plantio direto como no convencional. É recomendado também para a cultura do algodão e de cana-de-açúcar, quando se tratar apenas de plantio convencional.

É pouco absorvido por via oral, inalatória e dérmica. A fração absorvida é depositada principalmente no fígado, rins, baço e pulmões. A metabolização é hepática, por meio de reações de N-desalquilação, redução, hidroxilação, ciclização e conjugação. É eliminado principalmente na urina e fezes. Há evidências de que a Trifluralina não é absorvida pelo sistema gastrointestinal após ingestão. O produto pode ser metabolizado completamente e excretado pelas fezes e pela urina em poucos dias.

### POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Este parâmetro representa a concentração de íons hidrogênio  $H^+$ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade. A faixa de pH varia entre 0 e 14:

- pH > 7 (alcalina – condições básicas)
- pH = 7 (neutralidade)
- pH < 7 (condições ácidas)

O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio:  $pH = -\log[H^+]$  (para coeficiente de atividade hidrogeniônica unitário) (Esteves, 1998). O pH é um parâmetro muito especial nos ambientes aquáticos, podendo ser a causa de muitos fenômenos químicos e biológicos, porém pode também ser consequência de outra série de fenômenos.

O pH alcalino é responsável pela maior percentagem de amônia não-ionizada presente na água, sendo este composto bastante tóxico. Além desse composto, o pH também exerce uma forte influência sobre a toxicidade de outros compostos químicos, tais como o aumento do ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), e os metais pesados, cujos compostos tendem a se redissolver em meio ácido, tornando-os mais tóxicos e biodisponíveis (Vinatea Arana, 1997).

O pH pode ser o resultado de uma outra série de fatores, tais como a abundância de fitoplâncton nos tanques de cultivo realizando a fotossíntese (Vinatea Arana, op. cit.). Assim, altos valores de pH podem também estar associados à 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 é causada principalmente pela presença de  $CO_2$  (forma ácido carbônico), 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 aquático estão relacionadas com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. As águas naturais, em geral, têm pH compreendido entre 4 e 9. Nos oceanos, as águas são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos e de metais alcalinos e alcalinos terrosos. Os valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática, pois podem atuar diretamente nos processos de permeabilidade das membranas celulares, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extracelular e entre os organismos e o meio (Esteves, 1998).

Em ambientes com muita taxa de respiração (por exemplo, muita matéria orgânica e muitas bactérias decompositoras aeróbicas) ocorre o inverso, pois há liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico, com conseqüente decréscimo do pH, o que é comum em locais de lançamentos de efluentes ricos em matéria orgânica.

O pH é um importante fator de equilíbrio dos sistemas químicos e biológicos das águas naturais (Carmouze, 1994). É um parâmetro muito importante a ser considerado em aquicultura, já que tem um profundo efeito sobre o metabolismo e processos fisiológicos de peixes, camarões e todos os organismos aquáticos (Vinatea Arana, 1997).

A faixa de pH que não é diretamente letal aos peixes está entre 5 e 9. Entretanto, a toxicidade de vários poluentes comuns é fortemente afetada pela mudança de pH dentro do ecossistema aquático, e o aumento da acidez ou da alcalinidade pode tornar estes poluentes mais tóxicos. Também uma descarga ácida pode liberar suficiente  $CO_2$  dos bicarbonatos na água, o que causa abaixamento do pH para a faixa de 5-6, tornando-se letal.

## RESÍDUOS e SÓLIDOS

Os vários tipos de sólidos e resíduos que podem ser analisados não estão citados nas Resoluções nº 357 e nº 430 do CONAMA (2005 e 2011), mas são utilizados frequentemente para análises de qualidade de águas. Estas Resoluções apenas fazem referência a Turbidez, aos Sólidos dissolvidos totais (SDT) e a “substâncias que formam depósitos objetáveis”, que devem estar ausentes no ambiente aquático.

### • **Sólidos dissolvidos totais (SDT)**

É o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas num líquido sob formas moleculares, ionizadas ou microgranulares. É um parâmetro de determinação da qualidade da água, pois avalia o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume volatilizado da amostra. É um indicativo se a água está pura ou poluída.

As substâncias dissolvidas envolvem o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, compostos nitrogenados, cálcio, magnésio, sódio e íons orgânicos, entre outros íons necessários para a vida aquática. Contudo, quando presentes em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais para a biota e o equilíbrio ecológico do ambiente aquático.

### • **Sólidos (ou materiais) sedimentáveis (SS)**

Este parâmetro é referido em legislações ambientais, nos seus artigos que se referem aos lançamentos de efluentes.

Materiais sedimentáveis são considerados teoricamente aqueles que se depositam por ação da gravidade no equipamento analítico “Cone Imhoff”, em uma hora.

Segundo recomendações nas legislações específicas, esses materiais devem estar em quantidades insignificantes ou relativamente ausentes quando os efluentes forem lançados em ambientes sem circulação. Nestes casos a água receptora tem baixa capacidade de transporte e de autodepuração.

### • **Resíduos**

Referem-se aos materiais sólidos suspensos e mais aos elementos dissolvidos na água, ambos de origens orgânicas e inorgânicas, naturais e antrópicas. Diferentes métodos analíticos podem identificar diferentes tipos de resíduos.

Os resíduos podem afetar a qualidade das águas ou advertir para a qualidade dos efluentes em alguns locais.

Águas disponibilizadas com resíduos (ou sólidos suspensos) são insatisfatórias aos usos domésticos e para contato primário. Os processos de tratamento de águas e esgotos se propoem a eliminar os resíduos na água a ser potabilizada e diminuir os resíduos nos efluentes, através de processos como floculação, decantação, filtração, entre outros.

#### • **Resíduo total (ou Sólidos totais)**

Se refere ao material que fica residual num recipiente, depois que a amostra de água, de sedimento ou de material biológico, foi secada a 105°C, em estufa.

Nos resultados analíticos desse parâmetro estão incluídos os “resíduos não-filtráveis” da amostra, isto é, a porção do resíduo total que fica retida caso a amostra passe por um filtro de 0,45µm de porosidade, e os “resíduos filtráveis”, que se referem à porção da amostra que passa através desse filtro e, que contém os íons dissolvidos.

#### • **Resíduo fixo (ou Sólidos fixos, SF)**

Este parâmetro pode ser analisado em amostras de sedimentos, organismos e material em suspensão, referindo-se ao material inorgânico contido na amostra e que fica residual (cinzas) num recipiente analítico, depois que a amostra foi calcinada (ignição) num forno refratário durante uma ou duas horas a 550°C.

No resultado desse parâmetro, não é exata (apenas estimada) a distinção entre resíduos orgânicos e inorgânicos, porque estas perdas na ignição na temperatura recomendada não são exclusivas para materiais orgânicos, mas inclui-se alguma perda devido à eventual decomposição ou volatilização de certos sais minerais.

#### • **Resíduo volátil (ou Sólidos voláteis, SV)**

É a porção dos sólidos totais que se perde após a calcinação da amostra descrita acima para análise do Resíduo fixo, e representa a estimativa da fração orgânica da amostra.

#### • **Material em suspensão**

O termo usado como “dissolvido” corresponde aos resíduos filtráveis e o termo “suspenso” ou “material em suspensão” refere-se ao resíduo não-filtrável. Portanto, define-se como Material em suspensão (Seston) a porção da água que fica retida num filtro de 0,45µm de porosidade. Esse material é constituído de pequenas partículas que se encontram suspensas na água, as quais têm uma fração mineral ou inorgânica e outra orgânica, com origem natural ou antrópica.

Portanto, o Material em suspensão refere-se tanto a partículas orgânicas presentes na água, tais como organismos microscópicos (animais, vegetais e detritos), quanto às inorgânicas de fácil sedimentação, como argila, silte e partículas silicosas, como a sílica.

Altas concentrações de Material em suspensão limitam a qualidade de uma água bruta, por estarem relacionadas com a turbidez, dureza, salinidade e corrosão. Influem no aspecto estético, causando diminuição do percentual de visibilidade e alteram a natureza do sedimento do fundo. Também causam danos na fauna e flora aquática e diminuem a penetração da luz na água, prejudicando a fotossíntese do fitoplâncton, das algas e da vegetação submersa. Ainda, favorecem o desenvolvimento de bactérias e fungos, que se proliferam nessas partículas, e

influeciam no aspecto econômico do tratamento da água para torná-la potável (DEMAE, 1978).

As concentrações de Material em suspensão na água são bastante variáveis no espaço e no tempo, estando na dependência da hidrodinâmica, da constituição do substrato de fundo e das margens do meio aquático e ainda de fatores meteorológicos, entre outros, já que ventos tendem a aumentar as concentrações.

As águas estuarinas são naturalmente bem mais ricas em materiais em suspensão do que as águas marinhas, devido às maiores intensidades das fontes e maior produtividade primária e secundária (fitoplâncton e zooplâncton respectivamente).

Um aspecto importante é que, em regiões hídricas com muito Material em suspensão, em situações ou em locais onde a hidrodinâmica e a capacidade de transporte de partículas pela água diminuem, há o depósito desse material em suspensão, diminuindo a profundidade do ambiente aquático. Em casos de vias de navegação, há a necessidade de dragagens periódicas.

Outro fator a considerar em ambientes com alta concentração de Material em suspensão é que nestes é favorecido o processo de adsorção do fosfato que estava dissolvido, retirando então esse importante nutriente da sua forma solúvel, e assim, indisponibilizando-o para os produtores primários. Isso torna o fosfato mais intensamente um fator limitante para o crescimento dos vegetais no ambiente aquático.

Nas análises da água, a queima do filtro contendo o Material em suspensão a 550°C fornece uma estimativa do seu teor de Resíduo fixo (material inorgânico ou cinzas) e do seu teor de Matéria orgânica ou Resíduo volátil em suspensão, ambos acima referidos. Entretanto, um melhor conhecimento dos níveis de compostos orgânicos na água, em geral, pode ser feito pelos seguintes métodos, exemplificando: Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) (APHA, 2005).

### SABOR E ODOR

São características físicas da água. Entende-se como sabor a interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa) da amostra de água.

Podem ter origem natural, através da matéria orgânica em decomposição, micro-organismos (fitoplâncton, por exemplo) e gases dissolvidos (gás sulfídrico ou H<sub>2</sub>S, por exemplo), ou origem antrópica, através de despejos domésticos e industriais.

É comum determinar-se os teores de sabor e odor na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas. Altos índices destes parâmetros não evidenciam, necessariamente, risco à saúde, mas motiva os consumidores a questionarem a confiabilidade da qualidade da água, como acontece com algumas águas subterrâneas outros tipos de águas disponibilizadas para a população como potável (Von Sperling, 1995).

### SALINIDADE

A concentração de sais minerais dissolvidos na água é usualmente expressa como

salinidade. A salinidade é uma convenção que se aproxima à massa em gramas dos sólidos obtidos a partir de 1kg de água do mar, quando os sólidos tenham sido secados a 480°C até peso constante, e nessa secagem a matéria orgânica tenha sido completamente oxidada, os brometos e os iodetos da amostra tenham sido substituídos por uma quantidade equivalente de cloretos e os carbonatos convertidos a óxidos (Aminot & Chaussepied, 1983).

Entre os principais íons responsáveis pela formação de sais em águas, destacam-se os cátions sódio, cálcio, magnésio e potássio e os ânions cloretos, sulfatos e bicarbonatos.

A salinidade é um problema para águas de irrigação. Entretanto, este parâmetro somente é referido na legislação ambiental para dividir os ambientes aquáticos nas Classes referidas na Resolução nº 357 do CONAMA (2005), na qual caracteriza-se o tipo de água devido à quantidade de sal ali presente:

ÁGUAS DOÇES: Salinidade igual ou inferior a 0,5.

ÁGUAS SALOBRAS: Salinidade entre 0,5 e 30.

ÁGUAS SALINAS: Salinidade igual ou superior a 30.

Nem sempre a salinidade dos corpos de água está associada a altas concentrações de íons sódio e cloreto. Em regiões áridas ou semi-áridas, onde a precipitação não é suficiente para formar um sistema hidrográfico superficial capaz de carrear os sais para o mar, pode haver a salinização de rios e lagos. Esta, por sua vez, é geralmente diferenciada qualitativamente daquela originada por influência marinha. Os principais íons responsáveis pela salinidade das águas interiores sem influência marinha são os nitratos, os sulfatos, os bicarbonatos, os cloretos, o potássio e o sódio (Esteves, 1998).

As grandes diferenças entre os valores de salinidade nos ambientes aquáticos continentais são resultantes de vários fatores, entre os quais destacam-se (Esteves, op cit.):

- a intensidade diferenciada da intemperização e composição das rochas e solos da bacia de drenagem;
- o grau de influência e composição das águas subterrâneas;
- a precipitação atmosférica;
- o grau de influência marinha (através do lençol freático, aerossol marinho, etc.);
- balanço entre a evaporação e a precipitação.

### SELÊNIO (Se)

Quimicamente, o selênio é classificado como um ametal. Biologicamente, em concentrações traços, é um elemento essencial e benéfico nos processos metabólicos. Os níveis aceitáveis na água são proporcionais ao que normalmente é encontrado nos sedimentos e no solo, onde aparece como Selenito férrico básico, Selenato de cálcio (sais de selênio), que são as formas em que o selênio elementar se transforma antes de sua dissolução na água. O selênio pode sofrer reações de oxidação e redução microbológica.

O selênio é considerado tóxico para o homem. Os sintomas de envenenamento são

similares aos da contaminação por arsênio. Uma concentração de 2mg/L de Selenito de sódio tem sido considerada letal para algumas espécies de peixes, submetidos à exposição entre 18 e 46 dias. Na água, concentrações de 2,5mg/L, ou até menos, já são tóxicas para crustáceos de águas doces e algas. Já em concentrações muito menores, os organismos podem se beneficiar da ingestão deste elemento químico (Train, 1979).

As fontes podem ser naturais, como de minas de carvão, originando-se da lixiviação de solos seleníferos em zonas de agricultura. Pode ter origem antrópica a partir da descarga de efluentes não-tratados de refinarias de óleos, principalmente como Selenita (Kennish, 1992), rejeitos de metalurgia, fabricação de vidro e cerâmica, indústria de materiais plásticos, indústrias químicas de pinturas, indústrias eletrônicas (semicondutores, células fotoelétricas), indústria farmacêutica (Martin *et al.*, 1976).

### SUBSTÂNCIAS TENSOATIVAS (como os detergentes)

Tensoativos são aquelas substâncias químicas que, mesmo em pequenas concentrações, reduzem de forma considerável a tensão superficial da água ou a tensão interfacial de dois líquidos não-miscíveis entre si. A tensão superficial é a força que impede a miscibilidade de dois líquidos.

Os tensoativos são classificados segundo sua natureza química:

- iônicos: que podem ser **aniônicos** (a cadeia hidrocarbonatada é carregada negativamente, sendo o caso da maioria dos detergentes), **catiônicos** (esta cadeia é carregada positivamente) e anfóteros. Os tensoativos aniônicos sintéticos estão classificados nos seguintes grupos: sulfonados, sulfatos e fosfatos;

- não-iônicos: o caráter é determinado pela natureza do radical hidrófobo do tensoativo, o qual também pode ser classificado quanto às suas aplicações: emulsionantes, detergentes, umectantes e, ainda, dispersantes e solubilizantes.

Em química analítica ambiental é comum a identificação dos detergentes que reagem com o azul de metileno, com o uso de um solvente. No detergente em pó comum, cerca de 15% é constituído de tensoativos como Dodecilbenzeno sulfonato de sódio ou Alquilbenzeno sulfonato de sódio (ABS). Estes, por serem mais persistentes no ambiente, causam a deflocação de colóides, a flotação de sólidos e a destruição de bactérias úteis ao equilíbrio ecológico. Em consequência, atualmente os ABS foram então substituídos por detergentes mais biodegradáveis, como os Benzeno sulfonatos de sódio com cadeia linear (LAS) (Manahan, 1994).

Assim, os detergentes são fontes em potencial de poluição orgânica. São substâncias ou preparados cujo uso visa favorecer o processo de remoção de sujeiras de uma superfície. Contêm basicamente um agente tensoativo, mas ainda possuem substâncias coadjuvantes, tais como espessantes, sinérgicos, solventes, substâncias inertes e outras especialmente formuladas para a remoção de gorduras, de óleos e de outras sujidades, ou para a

higienização de objetos e utensílios domésticos e industriais. Podem, também, conter substâncias inertes, como o sulfato de sódio.

Os detergentes sintéticos têm boas propriedades limpadoras e não formam sais insolúveis com 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 os sabões ou os detergentes não-sintéticos.

Ainda deve ser considerado que, como coadjuvantes dos detergentes, podem aparecer os fosfatos, os carbonatos, os silicatos, a carboxi-metil-celulose e os branqueadores óticos. No caso especialmente 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 processos de eutrofização e florações indesejáveis e oportunistas, já que o fosfato é um importante fitonutriente. Atualmente, há detergentes que não possuem fosfato, sendo esse elemento químico substituído por outro menos poluente.

Em alguns rios e córregos, o lançamento de detergentes pode causar também poluição visual por provocar espumas, e além disso pode ser tóxico para a biota local. Com a diminuição da tensão superficial da coluna d'água, algumas aves que flutuam podem se afogar, porque usam a tensão superficial para que as suas penas não se molhem, e, conseqüentemente, o ar permaneça retido no seu interior. Na presença de detergentes na água, as penas serão molhadas e as aves aquáticas afundarão (Henkel do Brasil, 1979).

Além de suas características limpadoras, os detergentes aniônicos podem ser usados na indústria têxtil com função de umectantes nos processos de cozimento de fibras; de mercerização em tecidos e fios; de alvejamento e de tingimento de fibras têxteis, onde o detergente aniônico pode atuar, entre outras funções, como retardante dos corantes. Também podem ser um emulsificante na estampagem de fibras ou agir como detergente mesmo, para ensaboamento e eliminação de corantes que estão ligados apenas mecanicamente às fibras.

Outros usos para os detergentes aniônicos podem ser: como emulgadores e como umectantes para defensivos agrícolas, como emulsionantes para óleos, ceras e parafinas e para alguns processos de polimerização. Também, em alguns processos industriais envolvendo o couro, são usados detergentes aniônicos (Henkel do Brasil, op. cit.).

Atualmente, há a tendência de serem fabricados detergentes "moles", que são aqueles que se biodegradam mais rapidamente no meio ambiente. Mas o ideal é que esta degradação seja feita antes que efluentes que contêm esses detergentes sejam lançados no meio ambiente, através do tratamento adequado.

### SULFUROSOS (compostos)

#### • Sulfetos ( $S^{2-}$ )

É a forma química reduzida do enxofre no meio. Pode estar presente em ambientes com

pouca oxigenação, como em algumas águas subterrâneas e acumulado na coluna sedimentar de ambientes aquáticos, principalmente que os que recebem efluentes ricos em matéria orgânica biodegradável ou compostos reduzidos ávidos por oxigênio.

Nos despejos de efluentes pode haver o aporte de sulfetos provenientes de processos industriais (fábricas têxteis, de papel), da decomposição anaeróbica da matéria orgânica e, principalmente, da redução bacteriana do sulfato em meios pobres de oxigênio (respiração sulfato). O sulfeto também pode estar presente em águas geotérmicas.

O sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico ( $H_2S$ ) origina odores desagradáveis no meio ambiente, por ser um gás muito tóxico, pois é irritante dos olhos, pele, mucosas e trato respiratório. Ataca metais direta e indiretamente (Von Sperling, 1995). Tem uma grande afinidade química para ligar-se com alguns metais, precipitando como sulfetos metálicos de baixa solubilidade.

A toxicidade do sulfeto atua em dois níveis: a) a nível enzimático: inibindo a cadeia respiratória, através da desativação da enzima citocromo oxidase e, conseqüentemente, não havendo a formação metabólica de água e ATP; b) à nível de hemoglobina: combinando-se com essa e formando um derivado que a torna inativa do ponto de vista respiratório.

Portanto, o acúmulo desse gás pode provocar grandes mortandades de peixes, mesmo em ecossistemas desprovidos de outras formas de poluição (Esteves, 1998). Quando essa coluna sedimentar é perturbada, esse gás se difunde para a coluna da água.

Os sulfetos distinguem-se em três categorias:

1) Sulfeto total: inclui  $H_2S$  e  $HS^-$  dissolvidos, bem como sulfetos metálicos solúveis em ácido, presentes no Material em suspensão. Os sulfetos de cobre e prata são tão insolúveis, que não aparecem nas determinações comuns de sulfetos na água, podendo ser ignoradas para fins práticos e analíticos.

2) Sulfeto dissolvido: corresponde ao sulfeto remanescente na água após a remoção de Sólidos suspensos e do Material em suspensão (uso de filtração).

3) Sulfeto de hidrogênio não ionizado: pode ser calculado a partir da concentração de Sulfeto dissolvido, do pH da amostra e da constante de ionização do  $H_2S$ .

#### • **Sulfatos** ( $SO_4^{2-}$ )

Geralmente, forma-se a partir da oxidação do gás sulfídrico no meio aquático oxigenado. Esta oxidação pode ser química ou biológica por micro-organismos (sulfurização). A distribuição do sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema aquático.

Em ecossistemas próximos ao mar, as concentrações de sulfatos são maiores, já que o sulfato é abundante nos oceanos. Desta forma, as concentrações de sulfato podem variar desde valores não detectáveis, em alguns ambientes aquáticos continentais, como pode

chegar até valores em torno da saturação no alto oceano.

Em alguns lagos costeiros aerados, o sulfato pode estar presente na coluna da água, enquanto que o sulfeto de hidrogênio estará mais presente na coluna sedimentar e água intersticial sub-superficial, com características mais redutoras (Esteves, 1998).

As concentrações de sulfatos são elevadas em zonas oceânicas e bem oxigenadas, diminuindo consideravelmente em áreas mais costeiras, podendo ser cerca de 11,2mg/L em águas doces e 2712mg/L em águas de salinidade 35. Em águas estagnadas com baixo teor de oxigênio, a concentração de sulfato pode ainda ser menor, devido a sua redução pelas bactérias anaeróbicas a sulfetos (respiração sulfato) (citado em Baumgarten *et al.*, 2010). O sulfato tem uma baixa toxicidade, bem menor que os sulfetos.

## TEMPERATURA

Esse parâmetro físico não consta nas resoluções ambientais do CONAMA, mas é praticamente sempre medido em avaliações de ambientes aquáticos, pois reflete bem as variações sazonais. A medição de intensidade de calor da amostra torna-se importante, pois a elevação de temperatura ocasiona algumas alterações, tais como:

- aumenta a taxa das reações químicas e biológicas que se desenvolvem na faixa usual de temperatura, funcionando, portanto, como um catalisador;
- diminui a solubilidade dos gases (por exemplo, Oxigênio dissolvido e o Gás carbônico);
- aumenta a taxa de transferência para a coluna d'água de gases produzidos na camada sedimentar e dissolvidos na água intersticial aos sedimentos, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases reduzidos com odores desagradáveis, como o Metano, o Gás sulfídrico e o Amoníaco.

A variação de temperatura tem relação com a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). A análise de temperatura deve ser realizada imediatamente após a amostragem da água (APHA, 2005).

## TETRACLORETO DE CARBONO (CCl<sub>4</sub>)

É um composto químico inorgânico com ação narcótica semelhante ao Clorofórmio, mas não tão forte quanto este. Pode ser usado na composição de alguns produtos de limpeza e em certos vermífugos.

Em exposições à altas concentrações, a vítima pode ficar inconsciente, e em exposições indeterminadas pode ocorrer parada respiratória seguida de morte. Em exposições contínuas por várias horas, em concentrações na ordem de 1 a 1,5mg/L, pode haver sintomas graves, como lesões no fígado, rins, sistema nervoso central e pulmões (Sax, 1979).

Em processos operacionais de algumas indústrias químicas de produtos inorgânicos básicos, um dos métodos para a recuperação do cloro utilizado no processo industrial se baseia na absorção diferencial deste gás em Tetracloreto de carbono ao invés da água, tendo

em vista que assim se consegue uma eficiência de 10 a 12 vezes na recuperação do cloro (ou resíduos clorados) (Soria & Chavaria, 1978).

O Tetracloreto de carbono, por ser um líquido pesado, pode ser também empregado em processos industriais que envolvem separação de resíduos sólidos de diferentes tamanhos utilizando o princípio da gravidade. Nesse processo, submergem-se esses resíduos nesse líquido, então as partes mais pesadas vão ao fundo e as leves flutuam.

#### TETRACLOROETENO (Tetracloroetileno) ( $C_2Cl_4$ ) e TRICLOROETENO (Tricloroetileno) ( $C_2HCl_3$ )

Estes são compostos de baixa coloração, não-inflamáveis, líquidos e voláteis. São solventes, podendo ser usados como intermediários em sínteses orgânicas. São excelentes desengordurantes e solventes para lavagem a seco. Têm sido usados na indústria alimentícia (por exemplo, na descafeinação do café) (Manahan, 1994).

#### TOLUENO ( $C_6H_5CH_3$ ou $C_7H_8$ ) ou METIL BENZENO

É um líquido incolor, com cheiro característico, obtido na destilação do petróleo e do carvão e usado como solvente em análises e reações químicas.

É um hidrocarboneto aromático, inflamável, incolor, volátil, de odor característico e altamente danoso à saúde se ingerido ou inalado. É a matéria-prima a partir da qual se obtêm derivados do benzeno, como caprolactama, sacarina, medicamentos, corantes, perfumes, TNT e detergentes. Participa da composição de produtos químicos orgânicos, como o uretano, poliuretano, benzeno, e na fabricação de polímeros e borracha.

É adicionado aos combustíveis (como antidetonante) e como solvente para pinturas, revestimentos, borrachas, resinas, diluente em lacas. A maior parte do Tolueno lançada no meio ambiente é oriunda do uso da gasolina e do refinamento de petróleo. O Tolueno também está presente em colas, gasolina, tintas, removedores, agentes de limpeza, fumaça do cigarro e cosméticos.

O sistema respiratório é a principal via de exposição ao Tolueno, pois ao ser inalado, ele é rapidamente conduzido aos pulmões e difundido para a corrente sanguínea.

Os riscos dependem da intensidade da exposição ao Tolueno. Em menor grau, pode ocorrer irritação dos olhos e garganta. Em algumas pessoas, pode provocar processos alérgicos pelo contato com a pele ou pela inalação. Efeitos de intoxicação, como cefaléia, confusão e tonturas podem ocorrer se a exposição for longa.

O Tolueno pode levar à dependência após inalado. Ele é um depressor do sistema nervoso central (SNC), e tem um processo semelhante ao que ocorre com a ingestão de álcool. Com doses abusivas pode gerar sintomas mais graves, como náusea, anorexia, confusão, histeria, perda do autocontrole, perdas momentâneas de memória, nervosismo, fadiga muscular, insônia e até efeitos de intoxicação aguda, como alucinações, desorientação, podendo levar à narcose.

Apesar da maior exposição ao Tolueno ser devido aos veículos automotores, também estamos expostos no ambiente doméstico. Conforme citado anteriormente, essa substância está presente em tintas, colas, tiner, vernizes e até no esmalte de unha. Em muitos casos, o contato prolongado acaba levando a quadros de dermatite. Por isso, atualmente, muitas empresas estão tirando o Tolueno da composição de seus produtos.

### TRIBUTILESTANHO (ou TBT)

São compostos cuja fórmula química geral é  $(n-C_4H_9)_3Sn-X$ , em que  $X$  é um ânion, ou um grupamento aniônico de carga unitária. Algumas vezes, o Tributilestanho se refere ao composto em que  $X$  é o hidrogênio, ou seja, o Hidreto de tributilestanho.

O TBT é um composto polar, hidrofóbico, e lipofílico. A decomposição deste composto pode ser mediada através de uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos. Nos ecossistemas aquáticos a degradação biológica apresenta um tempo de vida médio de alguns dias até vários meses, dependendo da temperatura e biomassa algal. O TBT sofre degradação no ambiente de uma forma sequencial, para DBT (Di-butil-estanho), MBT (Mono-butil-estanho) e posteriormente estanho inorgânico.

A concentração de DBT e MBT aumenta em profundidade, ao contrário do TBT, que apresenta pouca dispersão, difunde-se perto do local onde foi introduzido, geralmente em áreas de elevado tráfego marítimo como portos.

A sua elevada difusão no meio marinho tornou-se uma preocupação ambiental a nível mundial. Afirma-se atualmente que é a substância mais tóxica produzida pelo homem que foi deliberadamente introduzida no meio marinho.

Inicialmente o TBT foi utilizado como composto estabilizador que inibe a degradação do Cloreto de polivinilo (PVC) pelo efeito da luz e/ou calor. Posteriormente, foi comercializado em larga escala em tintas anti-vegetativas ou anti-incrustantes, utilizadas em cascos de barcos, redes e jaulas de aquicultura a fim de impedir a fixação de organismos como algas e invertebrados (como mexilhão, cracas).

O TBT tem grande utilidade na indústria dos plásticos. É utilizado também na agricultura como pesticida, conservante de madeiras, e numa escala menor, em desinfetantes e tratamentos algicidas em materiais de construção.

A assimilação de compostos de estanho pelos organismos ocorre com a exposição direta ao composto ou através da alimentação. A capacidade de degradação do TBT acumulado nos tecidos varia de espécie para espécie. Os organismos que conseguem metabolizar o TBT fazem-no através de um conjunto de reações que envolve a enzima citocromo  $P_{450}$  do sistema mono-oxigenase, o qual hidroxila o TBT a  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -hidroxibutil de estanho. Este último composto é altamente polar sendo rapidamente eliminado pelo organismo.

Organismos filtradores como os moluscos, mostram pouca capacidade de metabolizar o TBT e como consequência, acumulam-no nos tecidos. Este fenômeno coloca os moluscos

como potenciais bioindicadores da contaminação de TBT nos ecossistemas marinhos. Existe também uma grande possibilidade de biomagnificação, como a transferência deste composto através da cadeia trófica, representando um risco para a saúde humana.

O conhecimento do impacto ambiental dos compostos organo-estânicos levou à regulamentação e banir o uso destes produtos em alguns países Europeus desde a década de 80. Em 1996 o Comitê de Proteção do Ambiente Marinho das Nações Unidas (MEPC) decidiu retirar gradualmente as tintas à base de TBT até 2003, banindo o seu uso a partir de 2006.

### TRICLOROBENZENO ou TCB ( $C_6H_3Cl_3$ )

O TCB pode se referir a qualquer um dos três derivados isoméricos clorados do benzeno. São compostos químicos artificiais que ocorrem em três formas diferentes. Mesmo que as formas tenham o mesmo peso molecular e fórmulas moleculares, elas são estruturalmente diferentes pelas posições dos átomos de cloro ligados ao anel benzeno: 1,2,3-triclorobenzeno e 1,3,5-triclorobenzeno são sólidos incolores, mas 1,2,4-triclorobenzeno é um óleo incolor. Os isômeros também podem ter diferentes propriedades químicas e toxicológicas.

Os TCBs apresentam baixa mobilidade no solo e só lixiviam para a água subterrânea ou ambientes aquáticos adjacentes em casos de grandes derramamentos ou se houver disposição subsuperficial em áreas de resíduos perigosos. Estes compostos não ocorrem naturalmente na natureza a não ser pela degradação de outros compostos aromáticos clorados.

Podem ser liberados no ambiente durante sua produção e usos. Pequenas quantidades dos compostos podem ser encontradas no ambiente decorrente de sua formação não intencional a partir da degradação de benzenos clorados como Tetraclorobenzeno, Pentaclorobenzeno, Hexaclorobenzeno e Lindano ou de processos térmicos envolvendo matéria orgânica e cloro, como resultado da combustão incompleta ou reações químicas, por exemplo durante a incineração de resíduos de Cloreto de polivinila. Além disso, eles podem estar presentes como impurezas em Mono e Diclorobenzenos.

Os TCBs são predominantemente utilizado como produto intermediário na fabricação de herbicidas e como solvente de processo em sistemas fechados. Apresentam toxicidade aguda baixa a moderada, e após a exposição oral por curto e longo períodos causam alterações principalmente no fígado e rins.

### TURBIDEZ

Na descrição de massas de água, é importante o dado sobre sua transparência, que pode ser indicado pela medição da turbidez. O conhecimento desse parâmetro determina a intensidade da luz penetrante sobre o sistema hídrico superficial, onde os produtores primários produzem matéria orgânica a partir da fotossíntese.

As quantidades de partículas suspensas na água também podem, além da análise do Material em suspensão, já referida anteriormente, ser indicadas por métodos que não

envolvem aspectos químicos analíticos. Assim, pode-se medir a Transparência das águas através da submersão do Disco de Secchi (disco branco de ferro, suspenso verticalmente por um cabo com identificação métrica, segurado pelo amostrador) na coluna da água durante a luz do dia, o que fornece visualmente dados sobre a transparência da água.

A Turbidez pode ser medida por turbidímetros, que são baseados na medida da luz refletida pelas partículas que turvam a água, ou por espectrofotômetros, que se baseiam nesse caso, na quantidade de luz refletida quando um feixe luminoso é emitido sobre a amostra que é colocada nesse equipamento.

A ausência de Turbidez na água é necessária quando esta se destina direta ou indiretamente ao consumo humano ou a processos industriais. Numa água com Turbidez igual a 10 UNT (Unidade de Turbidez, Unidade de Jackson ou Nefelométrica), uma ligeira nebulosidade pode ser notada. Se a Turbidez for igual a 500 UNT, a água é praticamente opaca (Von Sperling, 1995).

#### XILENO (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>).

Xileno refere-se ao conjunto de compostos Dimetilbenzeno, onde a diferença é a posição relativa dos grupos metilas. Esse conjunto de compostos também é conhecido como Xilol. Os compostos são o Orto-xileno e o Para-xileno.

É um líquido incolor, com cheiro parecido ao do Tolueno, com três isômeros, obtido na destilação do carvão de certos petróleos e muito usado como solvente para resinas acrílicas e pelas indústrias de tintas e vernizes. É usado como precursor de outros produtos químicos, sendo encontrado no alcatrão e no petróleo.

Na forma líquida, o Xileno pode favorecer a irritação dos olhos, pele e membrana mucosas. Se inalado, pode provocar anorexia, dispnéia, náuseas e vômitos, dermatites, cefaléia, tontura, irritabilidade, narcose, anemia, perda da consciência, paralisias periféricas.

## **4 – A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DO ESTUÁRIO DA LAGUNA DOS PATOS (RS).**

### **4.1 – O estuário da Laguna dos Patos (RS).**

Este estuário está no setor meridional sul da Laguna dos Patos e possui 971 km<sup>2</sup>. Essa área é uma limitação convencional e não funcional, uma vez que é um ambiente de transição ou zona de mistura, que sofre influência das marés, através de eventos de vazante, descargas e drenagens continentais, e de enchente. Representa em torno da décima parte da área total da Laguna dos Patos, em que há troca de água através do canal de 20 km de comprimento e de 0,5 km a 3 km de largura, com o Oceano Atlântico (Asmus, 1998).

Sua parte sul é margeada pelos municípios de Rio Grande, São José do Norte e sua parte norte por Pelotas e Turuçu, sendo que este estuário desemboca no Oceano Atlântico (Figura 1).

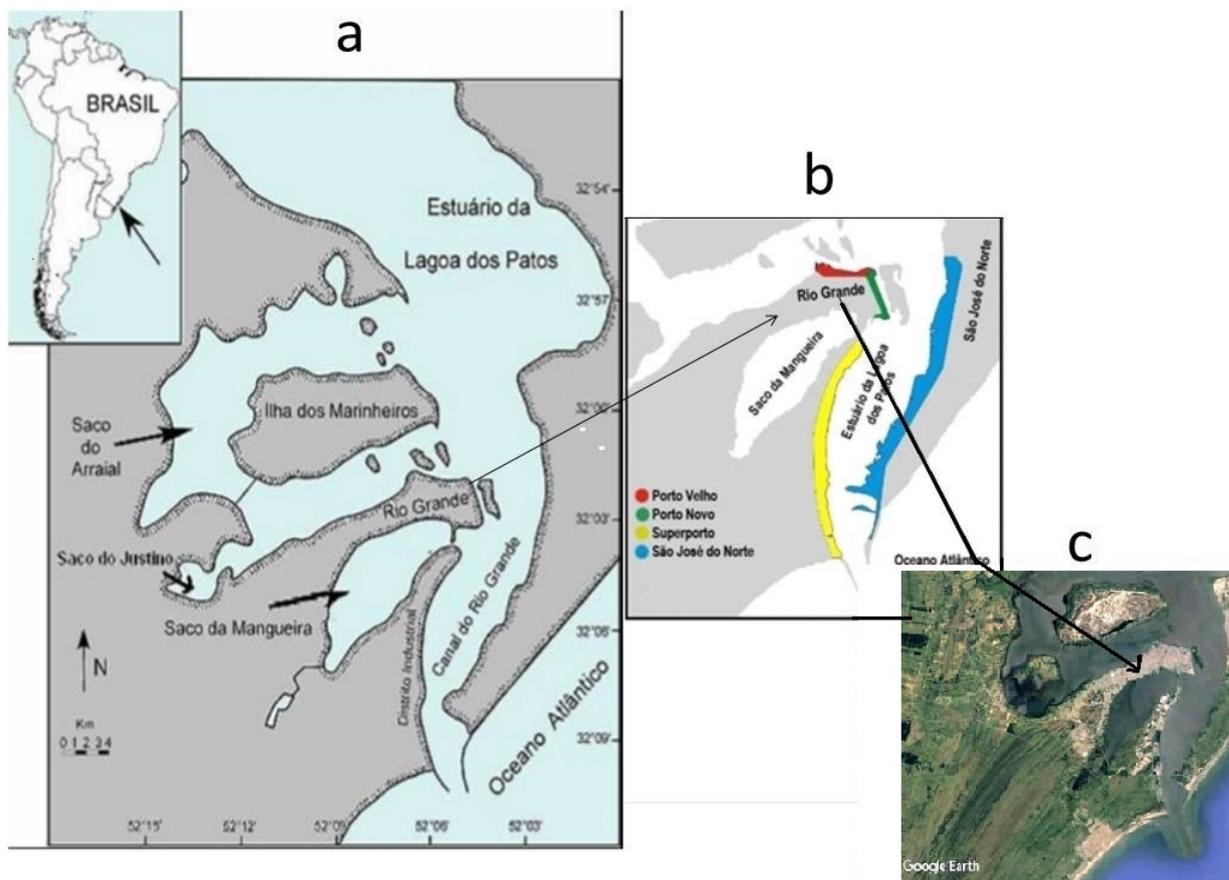
O município do Rio Grande (em torno de 200.000 hab. e área de cerca de 2.709,52 km<sup>2</sup>) (Instituto Trata Brasil, 2018) apresenta uma forma peninsular. Na margem oposta da cidade está o município de São José do Norte, de menor porte.

No município está instalado um imponente complexo portuário de suma importância para o MERCOSUL, para o estado e para o país. O Porto do Rio Grande apresenta áreas conhecidas como Porto Novo e Porto Velho, banhados respectivamente pelos Canal do Rio Grande e pelo Canal do Norte. Há também a área portuária nas margens de São José do Norte. Além destas áreas, na direção da desembocadura do estuário no Oceano Atlântico, margeado pelo Canal do Rio Grande, está o Superporto, com atividades portuárias de grande porte (Figura 1).

Nas margens da área do Superporto, há um Polo Naval, que atualmente sofreu um declínio no seu crescimento. Nessa área também encontra-se o Distrito Industrial, onde estão indústrias de grande porte.

Ao sul da cidade está a enseada rasa estuarina conhecida como Saco da Mangueira (Figura 1). Nas margens do município existem outras enseadas rasas (exemplo o Saco do Justino, mais ao nordeste da cidade), que representam importantes áreas de criação natural de espécies de interesse comercial e de equilíbrio ecológico do estuário.

**Figura 1** – Sul do estuário da Laguna dos Patos (RS).



**Fontes:** a) mapa adaptado de Spengler *et al.*, 2007; b) identificação das 4 áreas portuárias. Mapa adaptado de SUPRG, 2011; c) Imagem extraída de Google Earth, em 2020.

A região estuarina é uma área de suma importância de criação, reprodução e alimentação de peixes e crustáceos, fundamental para a produção pesqueira da região sudeste brasileira. A atividade pesqueira artesanal é intensa nos municípios que margeiam o estuário. Entretanto, esta área está claramente submetida a um intenso conflito de usos da água, sofrendo forte pressão do intenso desenvolvimento urbano, portuário, industrial e naval nas suas margens.

Segundo as descrições do Instituto Trata Brasil (2018), felizmente, 96,1% da população de Rio Grande é suprida com água potável, sendo a água bruta oriunda do Canal São Gonçalo e tratada aqui no município. Entretanto, apesar da rede de coleta de esgotos de Rio Grande estar em expansão, é inadequada para o tamanho e o desenvolvimento da cidade, pois apenas em torno de 30,6% da população urbana desta cidade é suprida com rede de coleta de esgotos.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Rio Grande (ENGEPLUS, 2013) informou que “o município contava na época da elaboração desse plano com apenas em torno de 25% a 27% da população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário”. Isso favorece o lançamento clandestino de esgotos domésticos e industriais nas margens hídricas da cidade e, a proliferação das ligações clandestinas destes esgotos da ampla rede de drenagem pluvial espalhada pela cidade, que desemboca nas margens do estuário.

Atualmente, há o envolvimento de órgãos públicos e o desenvolvimento de ações para a expansão da rede de coleta de esgotos do Rio Grande. Segundo o prefeito municipal atuante em maio de 2020, no seu pronunciamento sobre estas acima referidas ações de pretensa expansão da rede de esgotamento sanitário de Rio Grande, foi falado o seguinte:: (texto extraído de: <http://www.riogrande.rs.gov.br/planos-das-obras-de-saneamento-e-egotamento-de-rio-grande-sao-apresentados-ao-executivo-municipal/>. Consulta em julho de 2020).

“Com esse plano de expansão poderemos alcançar algo em torno de 60% do esgoto tratado em Rio Grande. Serão utilizados recursos na ampliação da Rede de Esgotamento da área central de Rio Grande (Cidade Nova, Miguel de Castro Moreira, Cohab 1 e 2, e Ernesto Buchols), até a altura da Rua Saturnino de Brito. Também está incluída no projeto a renovação do Sistema de Esgotamento do Bairro Parque Marinha, parte da Rede de Esgoto do Balneário Cassino, melhorias na Rede de Esgoto do Parque São Pedro, além da construção de uma estação elevatória junto à Universidade Federal do Rio Grande”.

#### **4.2 – O sul do estuário da Laguna dos Patos e sua inserção na Região Hidrográfica do Litoral (RS).**

A área do sul do estuário da Laguna dos Patos focada neste e-book, está inserida no contexto geográfico de uma das bacias da Região Hidrográfica do Litoral do estado, a “Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo” (Figura 2). Esta área do estuário está localizada na Unidade de Planejamento e Gestão (UPG) **Rio Grande** – Maçarico.

Esta bacia situa-se no sudeste do estado, entre as coordenadas geográficas 31°30' a 34°35' de latitude Sul e 53°31' a 55°15' de longitude Oeste. Abrange as províncias geomorfológicas Planície Costeira e Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. Possui área de 25.961,04 km<sup>2</sup>, abrangendo os municípios de Arroio Grande, Candiota, Canguçu, Capão do

Leão, Chuí, Jaguarão, Pelotas, **Rio Grande** e Santa Vitória do Palmar. Os principais usos da água desta bacia se destinam a irrigação, abastecimento humano e dessedentação animal.

Particularmente, as águas do sul do estuário também são usadas intensamente para navegação e atividades portuárias, entre outras (fonte das informações acima: <https://www.sema.rs.gov.br/1040-bacia-hidrografica-da-laguna-mirim-e-do-canal-sao-goncalo>. Consulta em julho de 2020).

**Figura 2** – Estado do Rio Grande do Sul: localização da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (em amarelo).



Fonte: mapa extraído de <https://www.sema.rs.gov.br/1040-bacia-hidrografica-da-laguna-mirim-e-do-canal-sao-goncalo>.

#### **4.3 – Características químicas das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos que foram classificadas.**

Para a caracterização básica ou para o diagnóstico das águas do sul deste estuário (salobras e continentais) que foram classificadas em 1995 pela FEPAM, alguns estudos desenvolvidos por equipes da FURG **foram selecionados para serem apresentados neste e-book**. A maioria deles foi desenvolvido pela equipe do Laboratório de Hidroquímica da FURG.

##### **Águas estuarinas**

Um estudo útil no processo da classificação das águas do estuário foi realizado por Almeida *et al.*, em 1993. Neste, foram mapeados, de forma inédita, 76 locais de lançamento de efluentes nas margens da cidade do Rio Grande, identificando o tipo e a localização de cada efluente. Dentre este total de locais, 22 deles estavam situados nas margens da enseada estuarina **Saco da Mangueira**, e os outros 54 locais estavam nas margens das áreas portuárias de Rio Grande e adjacências, como as águas do **Canal do Norte** e do **Canal do Rio Grande**. Estes autores identificaram 12 áreas marginais à cidade com águas potencialmente contaminadas, onde foram identificadas aglomerações de locais de lançamento de efluentes.

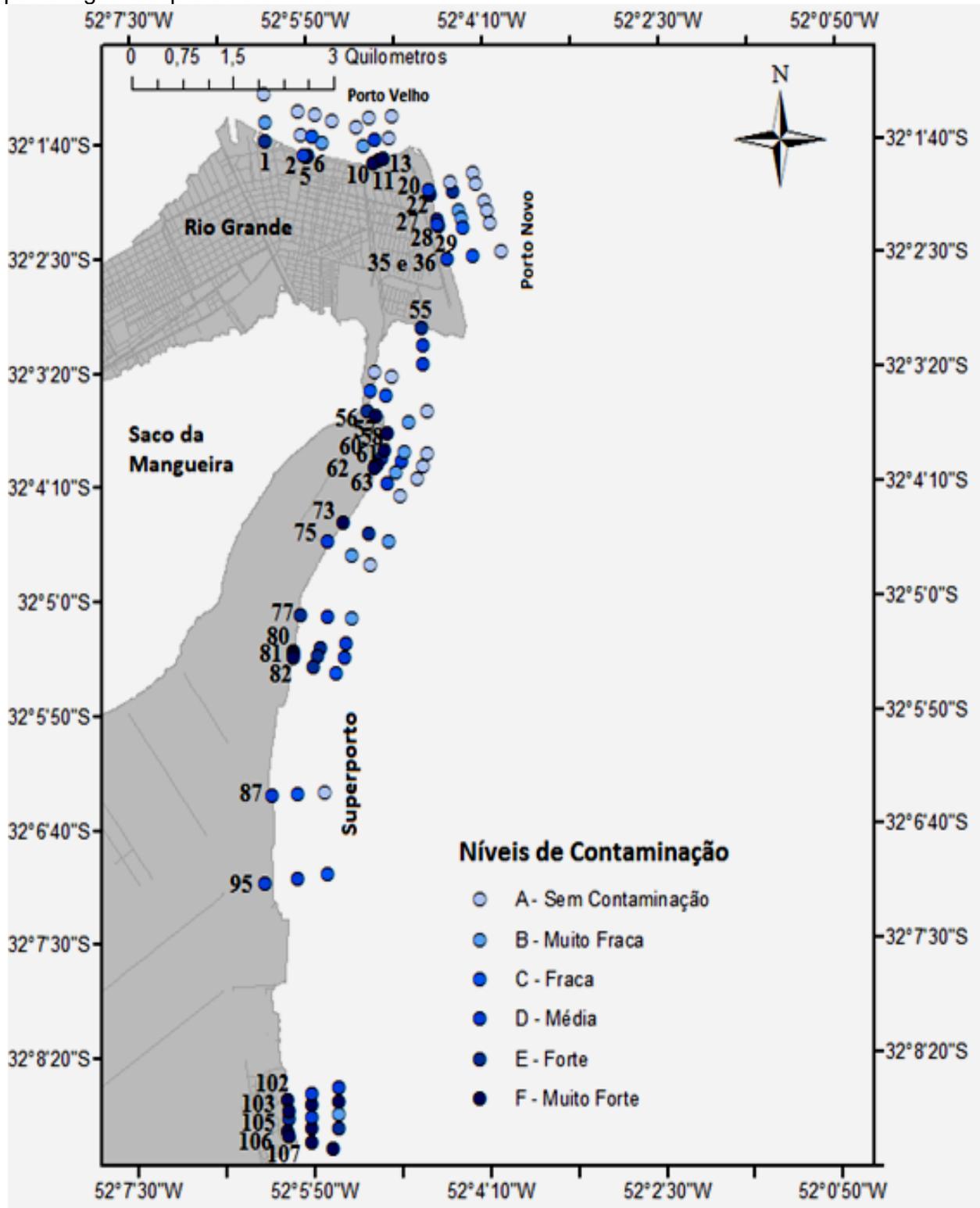
Em 1995, efetivamente o **Saco da Mangueira** foi classificado como **Classe B e o**

**Canal do Rio Grande** e o **Canal do Norte** foram classificados como **Classe C**, ambas classes referentes a águas salobras (FEPAM, 1995). Nas águas destas classes “são tolerados lançamento de efluentes, desde que, além de atenderem aos padrões de emissão previstos nas legislações sobre efluentes, não venham a fazer com que sejam ultrapassados os limites de concentrações de cada constituinte da água receptora”. Nesse processo de classificação de qualidade de águas, foram estabelecidos diferentes limites máximos de concentração de cada parâmetro para cada uma destas classes de água (limites mais restritivos para a Classe B do que para a C).

O mapeamento de locais de lançamento de efluentes feito em 1993 e acima referido foi atualizado em 2015 (Baumgarten *et al.*, 2017), sendo aprimorado pelo uso de técnicas de georreferenciamento e identificação qualitativa *in locu* dos níveis de contaminação dos efluentes lançados no estuário, usando um aparato caracterizado como um Kit analítico de resultado imediato e visual. Estes níveis se referiram a contaminação por fósforo, que foi usado como quimioindicador de contaminação por matéria orgânica doméstica ou industrial, ou por fertilizantes (Figura 3). Este mapeamento foi viabilizado através de um Convênio FURG/SUPRG e foi útil para a efetivação da Licença de Operação do Porto do Rio Grande. Neste estudo foram identificados 107 locais de lançamento de efluentes, sem incluir o **Saco da Mangueira**, que não está inserido na área portuária.

Dentre este total de locais, em 37 locais havia lançamento de efluentes contaminados em diferentes níveis (Figura 3), sendo estes: 7 no Porto Velho, 8 no Porto Novo, predominantemente de origem pluvial com ligações clandestinas de esgotos. No Superporto, dos 22 locais de lançamentos de efluentes, muitos tinham origem industrial, ou naval ou doméstica. Entretanto, as amostragens na água receptora de cada efluente evidenciou que destes 37 efluentes lançados contaminados, em 17 locais havia a contaminação da água diretamente receptora no estuário.

**Figura 3** – Área portuária de Rio Grande (RS): identificação dos 37 locais de lançamento de efluentes com diferentes níveis de contaminação, dentre os 107 locais identificados nas margens (dados de 2015). **Obs.:** primeiro ponto na margem: efluente; segundo ponto: seu deságuo; terceiro ponto: água receptora no estuário .



Fonte: extraído de Baumgarten *et al.*, 2017.

Comparando os 2 estudos de mapeamento de locais de lançamento de efluentes nas margens da área portuária de Rio Grande (Almeida *et al.*, 1993 e Baumgarten *et al.*, 2017 mostrando dados de 2015), embora tenham grande diferença temporal (mais de 20 anos),

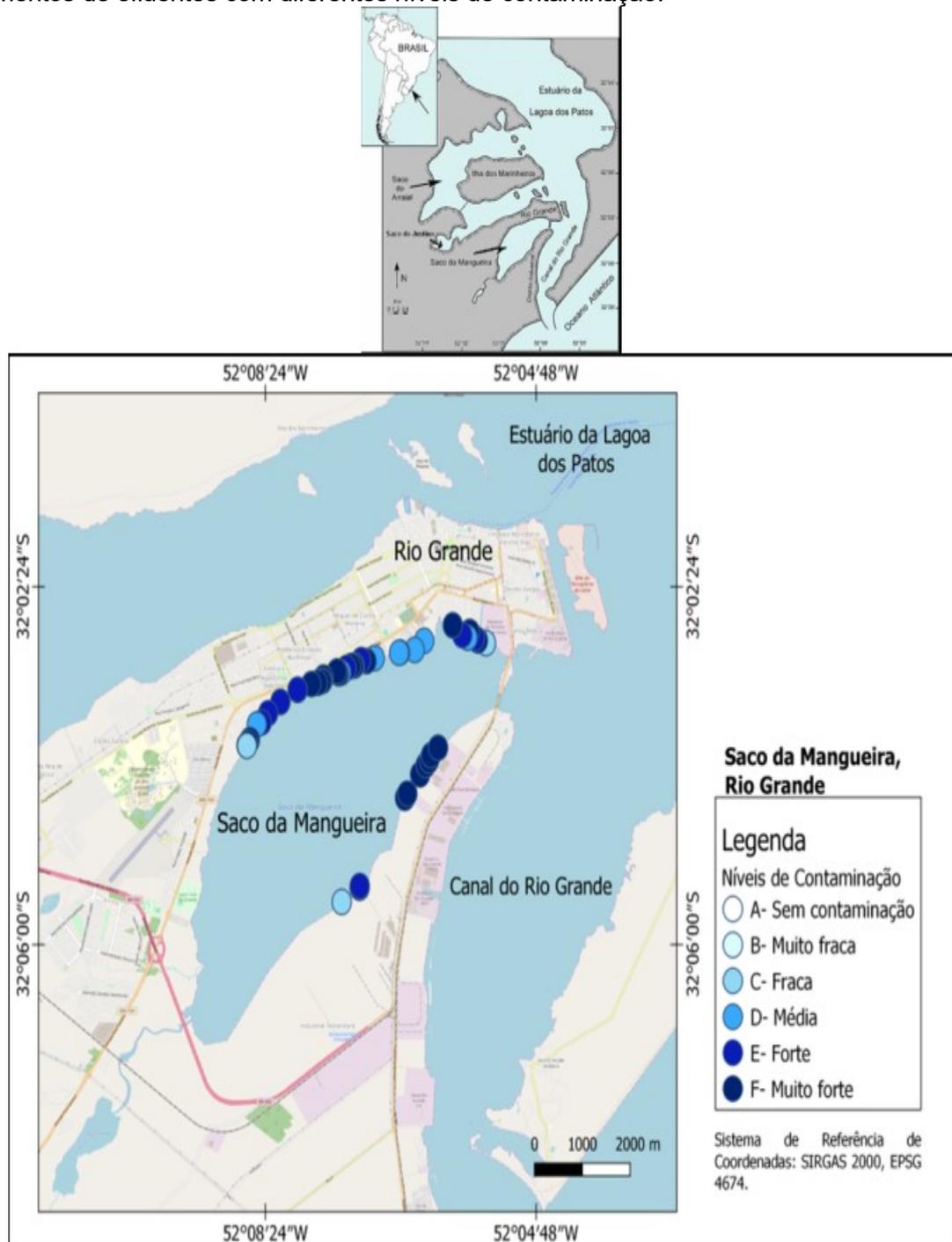
evidencia-se a proliferação de locais onde há lançamento de efluentes nas margens da área portuária de Rio Grande (em 1993: 54 locais de lançamento de efluentes na área portuária, lançados contaminados ou não, e em 2015: 107 locais, embora 37 estavam contaminados). Isso mostra a gravidade do problema, e reforça que esse tipo de mapeamento precisa de atualização periódica para avaliar a redução ou a proliferação de lançamento de efluentes contaminados nas águas do estuário, pois o último mapeamento foi realizado em 2015.

Esta estratégia metodológica de mapeamento georreferenciado também foi realizada no **Saco da Mangueira** (Aguiar *et al.*, 2014, Figura 4). Nessa enseada, o diagnóstico gerado por este tipo de mapeamento é útil como ferramenta para as necessárias ações que devem ser urgentemente adotadas pelos órgãos públicos. Estas ações devem visar a solução para os graves lançamentos irregulares de efluentes que foram identificados nas margens dessa enseada. Isso vem ao encontro da proposta de um programa coordenado por órgãos públicos municipais, relacionado a “Revitalização da Orla do Saco da Mangueira”.

Conforme o trabalho de Aguilar *et al.* (*op. cit.*), nas margens do Saco da Mangueira foram identificados 64 locais de lançamento de efluentes. Deste total, em 17 locais haviam efluentes industriais; em 29 locais os efluentes eram domésticos ligados clandestinamente na rede pluvial; em 9 locais os efluentes eram domésticos e em 9 locais os efluentes eram apenas pluviais. Deste total, em 49 locais os efluentes estavam sendo lançados com os três altos níveis de contaminação por matéria orgânica (média, forte e muito forte) (Figura 4).

Esta situação é grave, pois estas águas rasas tem relativa fraca hidrodinâmica, principalmente nas suas margens, com baixa capacidade de suporte (CS) para receber efluentes. Estes aportes de efluentes nas águas estuarinas ao redor de Rio Grande, ricos em matéria orgânica e compostos fitonutrientes nitrogenados e fosfatados e outros compostos químicos de diferentes origens têm sérias consequências na qualidade das águas desse estuário, as quais já foram oficialmente classificadas.

**FIGURA 4** – Identificação dos 49 locais no **Saco da Mangueira**, onde foram registrados lançamentos de efluentes com diferentes níveis de contaminação.



**FONTE:** Aguiar *et al.* (2014), (adaptado por V. Gonçalves, 2019).

Ainda sobre a enseada **Saco da Mangueira**, os estudos de Lorenzo (1995) e Baumgarten (2010) constataram o excesso comprometedor destes compostos fitonutrientes, principalmente nas suas margens. Estas altas concentrações proporcionam intensas florações indesejáveis, com destaque para as colônias de cianobactérias como a *Aphanothece sp.* (conhecida na região como Ranho de Marinheiro), que se proliferam onde há aportes excessivos deste tipo de efluentes na água (Figura 5).

**FIGURA 5** – Florações oportunistas de colônias gelatinosas de cianobactérias *Aphanothece sp.* (Rancho de Marinheiro), nas margens do Saco da Mangueira. São bioindicadoras de aportes de efluentes com matéria orgânica (fotos: Baumgarten, MGZ, 2018).



**Fonte:** fotos das autoras deste e-book.

Como consequência desse desequilíbrio ecológico, em 2013, Baumgarten e Paixão verificaram altos valores dos Índices do Estado Trófico (IET) no **Saco da Mangueira**, caracterizando mais uma vez a hipereutrofização dessa enseada. Os locais esse tipo de alto desequilíbrio trófico foram os mais próximos de lançamentos de efluentes ricos em matéria orgânica, com excesso de nutrientes que proporcionaram as indesejáveis florações de produtores primários oportunistas.

Generalizando para as margens do estuário, a grave presença de efluentes aí lançados foi evidenciada pelo relato abaixo reproduzido, de equipes da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Secretaria Especial dos Portos (SEP e UFRJ, 2014):

“Existe a geração de efluentes no Porto do Rio Grande, com variados fluxos e estruturas de tratamento. Alguns terminais locais enfrentam desafios na destinação de seus efluentes cloacais e na geração de efluentes pluviais potencialmente contaminados. Relataram que, onde existem tratamentos de efluentes, estes nem sempre são satisfatórios, sendo em muitos casos, apenas em nível primário. Foram constatadas falhas em alguns sistemas de gestão de efluentes oleosos, como exemplo, a geração de resíduos oleosos em áreas da margem portuária sem drenagem segregada”.

Complementando a caracterização da qualidade das águas do estuário, algumas outras pesquisas são apresentadas a seguir, em ordem cronológica de realização:

– em 1980, Kantin *et al.* constataram que os níveis de óleos, graxas e fenóis nas águas da área portuária de Rio Grande apresentaram-se significativos e elevados em alguns locais pontuais. Isso foi consequência de lançamentos de efluentes a partir da cidade e do seu Distrito Industrial, bem como devido às intensas atividades portuárias e de navegação. Sobre estes tipos contaminantes, não foram identificados dados mais atuais para o estuário.

– em 1998, Baumgarten & Niencheski verificaram que no eixo do **Canal do Rio Grande**, em águas de maior profundidade e maior hidrodinâmica, as concentrações de fitonutrientes

nitrogenados e fosfatados se apresentaram, em média, na amplitude que os autores consideraram normal para estuários não contaminados, ou seja, menor que  $5 \mu\text{M N-NH}_4^+$  e  $1,2 \mu\text{M P-PO}_4^{3-}$ . Entretanto, nas águas marginais do **Canal do Norte**, onde está o Porto Velho, ocorreram altas e preocupantes acréscimos de concentrações de Nitrogênio amoniacal (ou Amônio) e Fosfato. A decomposição de matéria orgânica antrópica acumulada nos sedimentos do local liberou estes nutrientes para a coluna d'água.

Estes autores justificaram estes acréscimos devido a lançamentos de efluentes urbanos e de indústrias de pescados, localizados nas margens do Canal do Norte. A constatação de depósitos de escamas de peixes nos sedimentos submersos destas margens corrobora com essa justificativa.

Quanto a presença de metais nas águas portuárias, Baumgarten & Niencheski (*op cit*) constataram elevações nas concentrações de chumbo nas águas de alguns locais pontuais nas margens do porto, essencialmente próximos às atividades navais, relacionando a causa e o efeito.

– em 1987, Baumgarten registrou a alta bioacumulação de metais pesados nos crustáceos filtradores incrustantes *Balanus improvisus* (cracas) que cresceram nas águas do **Canal do Rio Grande**, próximas ao Distrito Industrial. As concentrações bioacumuladas foram muito maiores que aquelas registradas nas cracas que cresceram na enseada estuarina Saco do Justino, onde não havia lançamento de efluentes (local controle do estudo). Sendo assim, a fonte desta bioacumulação de metais nas cracas amostradas no canal do Rio Grande foi atribuída à aportes antrópicos de metais a partir de efluentes não devidamente tratados na região.

Nesse estudo, a enseada estuarina **Saco do Justino**, que fica em uma área mais afastada da urbanização e desenvolvimento industrial e assim, foi considerada como área controle. Essa enseada tem suas águas classificadas como Classe A de águas salobras, destinadas à preservação (FEPAM, 1995). Nelas “não são tolerados lançamentos de efluentes domésticos, industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratadas”. Baumgarten (1987); Baumgarten *et al.* (1990) e Baumgarten *et al.* (2005) constataram que a qualidade das águas dessa enseada apresentou-se em conformidade com o recomendado no processo da sua classificação. Isso ocorreu tanto para os metais, como para compostos nutrientes nitrogenados e fosfatados (são águas oligotróficas).

– em 2012, outro estudo se destacou nas águas do **Canal do Rio Grande**. Nele, Barbosa *et al.* verificaram que, em regime de enchente com a entrada de águas costeiras menos poluídas, as concentrações de metais de origem antrópica, decresceram no eixo do canal devido as diluições. Esse processo resulta num aumento da capacidade destes canais se autodepurarem, principalmente nos eixos onde a hidrodinâmica e profundidade são altas;

– em 2013, Costa e Wallner-Kersanach detectaram acréscimos de cobre e zinco em frações lábeis na água de áreas próximas aos estaleiros do Porto de Rio Grande, nas margens do **Canal do Rio Grande**, relacionando com aportes oriundos das atividades neles realizadas, a origem destes acréscimos.

– em 2017, Marreto *et al.* avaliando as águas das áreas portuárias do estuário, documentaram desequilíbrios tróficos e altos valores de Índices do Estado Trófico (IET) nas águas das margens. Isso foi favorecido pela menor hidrodinâmica localizada, o que compromete mais ainda o impacto causado pelos lançamentos de efluentes extamente nas margens. No eixo do **Canal do Rio Grande**, onde é maior a profundidade, as águas apresentaram fraca eutrofização e menores IET, em função da maior capacidade de autodepuração destas águas de canais, corroborando com as conclusões de Barbosa *et al.* (2012).

Esse acima referido estudo desenvolvido por Marreto *et al.* (op. cit.) foi executado com os dados analíticos obtidos no Programa de Monitoramento Ambiental do Porto de Rio Grande, realizado pela equipe do Laboratório de Hidroquímica da FURG, desde 2006 até 2012 (Convênio FURG-SUPRG). Nestes monitoramentos foram feitas coletas sazonais das águas das áreas portuárias de Rio Grande, auxiliando na época, às demandas do Licenciamento Ambiental do porto;

– **atualmente em 2020, salienta-se um relatório do monitoramento da qualidade das águas superficiais do estado, realizado pela FEPAM**, com dados de 2019. Nele, dentre as estações de monitoramento que foram amostradas na área da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, apenas 4 estações se localizaram no sul do estuário da Laguna dos Patos (Figura 2), nas águas anteriormente e oficialmente classificadas.

No referido relatório, a avaliação da qualidade da água (Quadro 3) se baseou na comparação entre os dados obtidos pela FEPAM e os limites de concentrações citados na Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Essa forma da FEPAM interpretar foi justificada porque essa resolução estipula no seu Capítulo VI, artigo 42, que: “Enquanto **não forem aprovados** os respectivos enquadramentos, **as águas salinas e salobras serão consideradas como pertencentes a Classe 1”**.

Portanto, segundo essa resolução, as águas do sul do estuário deveriam estar em conformidade com os limites de concentrações recomendados para a **Classe 1 de águas salobras**. Nesse sentido, no Quadro 3 abaixo apresentado, aparecem os resultados obtidos pela FEPAM em 2019. Nesse quadro, quando cada resultado aparece numa célula do quadro colorida de azul, significa que a concentração está em conformidade legal. Quando a célula contendo o resultado está com outra cor, é porque houve desconformidade (contaminação) com a recomendação legal para águas Classe 1 de águas salobras.

Dessa forma, na análise do Quadro 3 se constata que algumas concentrações de Fósforo total e de Nitrogênio amoniacal ultrapassam os seus limites legais recomendados. Também se destacaram acréscimos nos resultados da DBO, das bactérias fecais *Escherichia coli* (E. Coli). Estes acréscimos corresponderam ao não cumprimento da qualidade recomendada, porque eles somente se enquadram nos limites estipulados para águas da **Classe 2** (células verdes) e, de forma mais grave, da **Classe 3** (células amarelas) e da **Classe 4** (células avermelhadas), os quais são muito tolerantes e recomendados somente para águas de menores exigências de qualidade.

**QUADRO 3-** Resultados obtidos em 2019 no monitoramento das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos (FEPAM, 2020).

**Obs.:** cada célula apresenta a cor correspondente aos requisitos das Classes de Qualidade de Águas estipuladas pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005).

**Identificação das Classes por cores das células:** **azul:** Classe 1; **Verde:** Classe 2; **Amarela:** Classe 3; **Roxa:** Classe 4 ou sem dados; **Branca:** Sem citação de limites na resolução para águas salobras.

Estação	RH	Data	Água	E. coli NMP/100mL	Fósforo Total mg/L	Nitrogênio A mg/L	DBO mg/L	OD mg/L
87970000	Lagoa dos Patos	05/02/2019	Salobra	192	0,158	0,064	2	10,12
87970000	Lagoa dos Patos	07/05/2019	Salobra	770	0,042	0,034	3	10,20
87970000	Lagoa dos Patos	06/08/2019	Salobra	40	0,208	0,432	2	10,16
87970000	Lagoa dos Patos	05/11/2019	Doce	1986	0,305	0,064	1	9,49
87991000	Canal de Rio Grande	05/02/2019	Salobra	2420	0,243	0,064	2	8,53
87991000	Canal de Rio Grande	07/05/2019	Salobra	328	Sem dados	0,474	2	8,46
87991000	Canal de Rio Grande	06/08/2019	Salobra	29	0,137	0,375	1	9,80
87991000	Canal de Rio Grande	05/11/2019	Doce	190	0,149	0,064	1	8,22
87992000	Lagoa dos Patos	05/02/2019	Salobra	204	0,245	0,145	3	9,70
87992000	Lagoa dos Patos	07/05/2019	Salobra	1553	Sem dados	0,343	4	7,47
87992000	Lagoa dos Patos	06/08/2019	Salobra	48	0,095	0,386	1	10,45
87992000	Lagoa dos Patos	05/11/2019	Doce	55	0,213	0,064	1	9,22
87993000	Saco da Mangueira	05/02/2019	Salobra	727	0,247	0,064	4	7,57
87993000	Saco da Mangueira	07/05/2019	Salobra	980	0,071	0,341	4	7,60
87993000	Saco da Mangueira	06/08/2019	Salobra	60	0,091	0,018	1	9,43
87993000	Saco da Mangueira	05/11/2019	Doce	687	0,210	0,064	1	7,51

Detalhes da localização das estações apresentadas no Quadro 3:

As estações de monitoramento operadas pela FEPAM estão localizadas no entorno das seguintes coordenadas geográficas (*datum* SIRGAS-2000. Descrito em FEPAM, 2020):

- Estação 87991000 (**Canal de Rio Grande**): lat -32,059°, long -52,088°.
- Estação 87993000 (**Saco da Mangueira**): lat -32,113°, long -52,157°.
- Estação 87970000 (**Ilha de Torotama**, Laguna dos Patos): lat -31,914°, long -52,152°.
- Estação 87992000 (**ponte de acesso à Ilha dos Marinheiros**, Laguna dos Patos): lat -32,032°, long -52,198°.

**Fonte:** dados obtido na Divisão de Planejamento Ambiental da FEPAM, em abril de 2020.

Observando o Quadro 3, fica constatado que as concentrações de Oxigênio, como uma exceção ao padrão apresentado pelos outros parâmetros analisados, se apresentaram em conformidade com o limite recomendado para Classe 1 (sempre células azuis). Com relação aos dados de DBO apresentados no Quadro 3, não foi feita comparação com a legislação, porque para águas salobras, não há citação de limite de valores para esse parâmetro na Resolução nº 357 do CONAMA (2005).

Chama a atenção de que, no relatório da FEPAM (2020) **não há nenhuma comparação dos dados obtidos e apresentados no Quadro 3, com os limites estabelecidos no processo da classificação das águas do sul do estuário** da Laguna dos Patos (FEPAM, 1995).

Nesse sentido, para complementar a interpretação, no presente e-book foi feita essa comparação. Para tanto, foi estruturado o Quadro 4 abaixo apresentado, onde consta os limites das concentrações definidas nessa classificação das águas do estuário. Nesse quadro, estes limites são citados para águas salobras de duas classes: Classe B, porque essa é a classificação do Saco da Mangueira, e Classe C, que é a classificação das águas do Canal do Rio Grande, do Canal do Norte e das áreas de canais estuarinos locais.

**QUADRO 4** – Concentrações limites estipuladas para água salobras classificadas como Classe B e Classe C, na Norma Técnica 003/95, relativa a classificação dos recursos hídricos da parte sul do estuário da Laguna dos Patos” (FEPAM, 1995).

Parâmetro	Classe B	Classe C
Oxig. dis. (mg/L)	> 6	> 5
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	< 3	< 5
Fósforo total (mg/L)	-	-
Nitrog. amoniacal (mg/L)	-	-
E. coli (nmp/100 mL)	1000 (como Coliformes fecais)	1000 (como Coliformes fecais)

Fonte: FEPAM-1995

Comparando os dados gerados pela FEPAM (2020) e apresentado no Quadro 3, com estes limites apresentados no Quadro 4, se constata que a interpretação dos níveis de conformidade com o processo da classificação/enquadramento, **fica insatisfatório** para 2 parâmetros: Fósforo total e Nitrogênio amoniacal. Para estes, não há citação de limites para as classes de águas salobras do estuário no processo da classificação feita pela FEPAM em 1995.

Para os resultados da DBO obtidos pela FEPAM (Quadro 3), se identifica desconformidades legais (contaminação por matéria orgânica) em duas amostragens no Saco da Mangueira e em uma amostragem no Canal do Norte, que margeia uma área portuária de Rio Grande (Porto Velho), na estação denominada no Quadro 3 como “Lagoa dos Patos”, junto a ponte de acesso à Ilha dos Marinheiros”. Estas desconformidades corresponderam a resultados de DBO de 4 mg/L (Quadro 3), sendo que 3 mg/L é o limite estipulado para as classes nas quais estas águas foram classificadas (Quadro 4).

Para as bactérias E. coli a interpretação é mais complexa. Se constata no Quadro 4 que na classificação das águas do estuário, infelizmente não há estabelecimento para limites de concentrações específicos para estas bactérias fecais. Somente há citação de limite para o grupo mais geral de bactérias, as Coliformes fecais, embora as bactérias E. coli pertençam a esse grupo, junto com outras espécies. Comparando as concentrações de E. coli obtidas pela FEPAM (Quadro 3) com o limite registrado no processo da classificação das águas do estuário (Quadro 4), se constata que em 3 amostragens, os valores foram maiores que os recomendados para águas Classe 1 (1000nmp/100ml). Estas desconformidades nos níveis destas bactérias não ocorreram nas águas coletadas no Saco da Mangueira.

A interpretação conjunta dos quadros 3 e 4 evidenciou que, seja qual for a base da interpretação (limites estipulados no processo da classificação das águas do estuário ou Resolução nº 357 do CONAMA, 2005), **ficam evidenciados que os aportes de efluentes para estas águas alteram suas composições naturais, apesar disso não ocorrer de forma constante no tempo.**

Corroborar com esta hipótese acima aventada a ocorrência dos importantes picos nas concentrações dos parâmetros analisados e apresentados no Quadro 3. As elevações das concentrações de bactérias E.coli e de DBO indicam contaminação fecal recente. Estas

bactérias são naturais somente em intestinos de animais homeotérmicos e tem curto tempo de vida em ambientes aquáticos expostos. Quanto a DBO, este é um parâmetro que em excesso, indica aportes de matéria orgânica biodegradável. Os elevados resultados do Fósforo total evidenciam aportes de efluentes domésticos e industriais de fertilizantes (ver item 3.2 desse e-book).

Nesse sentido, é oportuno reproduzir aqui o que consta no relatório da FEPAM (2020), justificando estes acréscimos no sul do estuário, que também foram constatados em outros locais na bacia “Mirim-São Gonçalo”. As justificativas apresentadas foram as seguintes:

- fontes de lançamento de esgotamento sanitário sem o devido tratamento;
- a supressão de sistemas naturais com a implementação de culturas perenes e;
- a urbanização desordenada, assim como a mineração de carvão e a presença de indústrias químicas, concentradas em na porção sul da laguna”.

### **Águas continentais que foram classificadas**

Existem relativamente poucos estudos da qualidade de águas continentais da área sul do estuário da Laguna dos Patos envolvidas no processo da sua classificação.

Destaque para um estudo realizado em 2017 (Martins *et al.*, 2018), que fez uma avaliação da qualidade das águas da **Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde**, que pertence ao município de Rio Grande. Mais especificadamente, as áreas estudadas dessa APA foram a Lagoa Verde e o Canal São Simão, o qual representa a ligação das águas da APA no Saco da Mangueira.

No processo da classificação feito em 1995 pela FEPAM, não há uma clara referência nominal particularmente para estes 2 ambientes hídricos. Mas, pertencendo a referida APA, assume-se que estejam incluídas na **Classe Especial de águas doces**, conforme foram classificadas as águas da APA. Para as águas desta classe, “não são tolerados lançamentos de águas residuárias, efluentes domésticos, industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratadas”.

De forma satisfatória, os resultados de Martins et al. (2018) não evidenciaram contaminações nas águas do **Canal São Simão e da Lagoa Verde**. Entretanto, ocorreram acréscimos das concentrações de **alumínio nos sedimentos** coletados nas proximidades da área onde está instalada a Unidade de Tratamento de Lodo (UTL), nas margens do **Canal São Simão**. Este lodo é gerado na Estação de Tratamento de Água (ETA), que supre Rio Grande e que pertence a Companhia de Saneamento da cidade (CORSAN).

O acréscimo das concentrações deste metal sugeriu a ocorrência de aportes antrópicos de resíduos do lodo oriundo da UTL. Isso pode ser justificado porque o tratamento da água nesta ETA envolve o uso de vários compostos químicos, inclusive o sulfato de alumínio usado como floculante no processo de clarificação da água bruta a ser potabilizada depois que ela chega do Canal São Gonçalo.

Como estes acréscimos ocorreram somente nos sedimentos (tem as variações da

composição mais estáveis que a água sobrejacente), podem ter se originado de aportes antrópicos pretéritos a partir da UTL. Essa hipótese se baseia no fato de que, segundo informações verbais obtidas na ETA, atualmente há um tratamento desse lodo, com posterior destino teoricamente adequado, diminuindo a chance de ocorrerem aportes para as águas da APA.

Entretanto, a existência de 2 desaguadouros (valetas) que se estendem desde o prédio da UTL e desembocam no Canal São Simão, podem facilitar os aportes antrópicos do lodo. Foi informado no local pela equipe da CORSAN, que estas valetas são para a drenagem pluvial do terreno, onde existe um banhado perto da margem.

Portanto, estas constatações técnicas reforçam a extrema necessidade de que monitoramentos das águas e dos sedimentos destas águas precisam de reforço e atualização. Nestes, deve haver uma maior intensidade amostral e temporal, incluindo nestes monitoramentos, a avaliação das águas das referidas valetas.

Com relação ao **Arroio Bolaxa**, suas águas também pertencem a acima referida **APA da Lagoa Verde**. Lima e Baumgarten (2012) identificaram que elas apresentaram-se predominantemente com natural e leve sub-saturação em oxigênio, devido a baixa hidrodinâmica (alto tempo de residência) e pouca profundidade. Também elas têm uma leve e natural acidificação. Isso resultou em pouca capacidade de suporte destas águas para receberem efluentes e de se autodepurarem.

Além disso, nelas foi constatado o acúmulo de matéria orgânica no fundo e nas margens da área onde fica a passagem do arroio sob a ponte da rodovia RS 734. Nesse local há o estreitamento do fluxo do arroio, com conseqüente diminuição da hidrodinâmica, devido a presença de entulhos de diferentes origens naturais e antrópicos.

Na área das adjacências da ponte, este acúmulo de matéria orgânica se decompõe intensamente na superfície da coluna sedimentar, libera fitonutrientes para a coluna d'água. Isso proporciona a hipertrofia localizada, com florações intensas de vegetais flutuantes oportunistas. O resultado disso foi que nessa área, os Índices de Qualidade das Águas (IQA) variaram entre "Ruim e Médio", enquanto que nas áreas deste arroio, mas mais afastadas da ponte (mais próximos da nascente do mesmo) este índice foi definido como "Bom".

Esta inadequação do equilíbrio ecológico nesta área do Arroio Bolaxa pode comprometer seriamente a vida da biota local. Já foram visualizadas várias vezes, em períodos de estiagem e aumento da temperatura, a mortandade de peixes nestas águas.

Portanto, urge a busca de soluções específicas para esta área, principalmente evitando bloqueios da vazão do arroio e a periódica remoção do excesso de cobertura vegetal das águas, que dificulta a oxigenação e diminui a hidrodinâmica natural. Além disso, urge o monitoramento atualizado das águas desse arroio.

#### **4.4 – Evolução temporal do processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.**

Na década de 90, com o reconhecimento generalizado da importância ecológica e sócio ambiental do estuário da Laguna dos Patos, ficou muito evidente a urgente necessidade de que a classificação oficial e o pretense enquadramento das suas águas fossem imediatamente providenciados e efetivados. A meta era gerar uma ferramenta legal e poderosa para que órgãos públicos e privados locais e estaduais, atuantes em qualidade de águas, desenvolvessem ações e projetos que visassem a preservação e conservação e manejo adequado dessas águas.

O processo de classificação de águas do referido estuário foi baseado nas classes de águas descritas na Resolução nº 20 do CONAMA (1986), vigente na época (década de 90) como proposta para basear este tipo de processo. Esta resolução deliberava em seu artigo 20, alínea g, que:

"Enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces do território nacional eram consideradas como Classe 2; as salinas como Classe 5 e as salobras como **Classe 7**".

Entretanto, durante o processo da classificação das águas do estuário, os limites estipulados na referida resolução para a Classe 7 foram considerados tolerantes demais para serem integralmente adotados nesse estuário.

Por isso, para a classificação das águas estuarinas, para algumas classes de água, alguns limites de concentrações de alguns parâmetros precisaram ser otimizados. Isso ocorreu porque estes limites foram readequados à realidade do uso e do destino pretendido na época para cada um dos ambientes do estuário a ser classificado.

Em função disso, em 1995, durante o desenvolvimento do processo de classificação das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos, para definir as classes a que cada ambiente hídrico deveria ser classificado, as suas características e qualidades foram identificadas com a pretensão da elaboração de um diagnóstico da qualidade destas águas, com base em estudos publicados sobre estas águas, descritos no ítem anterior (item 4.3). O objetivo disso foi melhor atender as necessidades da comunidade local ligada ao estuário e suas margens, e melhor assegurar os usos preponderantes do ambiente estuarino em questão.

Nesta ocasião, além de considerar a qualidade das águas a serem classificadas, a equipe de profissionais envolvidos no pretense processo da classificação das águas do estuário, fez um levantamento dos usos destas águas na época e dos usos pretendidos para as mesmas. Também foram feitas vistorias nas águas a serem classificadas, assim como foram feitas consultas aos profissionais de órgãos oficiais diretamente envolvidos com o uso destas águas (como exemplo a FURG e outros órgãos locais e regionais). Em síntese, foram obtidas todas as informações possíveis que pudessem colaborar no processo (inédito para essa região) da classificação proposta para estas águas estuarinas.

Toda esta estratégia que foi usada para a classificação das águas da parte sul do estuário cumpriu as recomendações posteriormente documentadas de forma otimizada e oficial na Resolução nº 91 (2008) do CNRH (Anexo 3).

Nessa ocasião, de posse das informações sobre as áreas ao sul do estuário da Laguna dos Patos, a FEPAM acatou as propostas de **usos principais e primários** dos diferentes ambientes hídricos do estuário, aqueles usos de maior intensidade e maior influência ecológica e econômica, sendo:

- preservação do equilíbrio natural e proteção das comunidades aquáticas diretamente ligadas à pesca artesanal e industrial;
- navegação e diluição de despejos industriais e domésticos.

Como **usos secundários**, foram definidos aqueles de menor intensidade, pontuais e rarefeitos:

- abastecimento público industrial;
- recreação de contato primário (banhos) e secundário;
- irrigação;
- dessedentação de animais;
- aquicultura.

Como a classificação das águas e o processo do enquadramento é um determinante do tipo de desenvolvimento social e econômico da região enquadrada, as propostas de classificação e de enquadramento das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos foram apresentadas e discutidas com todos os segmentos da comunidade de Rio Grande envolvidos nesse assunto. Participaram também nesse processo os representantes das outras cidades e comunidades que se situam nas margens da região estuarina que deveria ser enquadrada.

Assim, foi realizada como atividade prévia, em março de 1994, **uma Audiência Pública** em Rio Grande, por ser uma das principais cidades situadas nas margens da área a ser classificada do estuário. Foi uma atividade de suma importância para a região, objetivando uma proposta consensual com o apoio da comunidade local.

Nesta audiência foram apresentadas as propostas de classificação e de enquadramento da parte sul do estuário, oriundas de vários segmentos da sociedade organizada local, destacando-se:

**Proposta da FURG**: foi elaborada basicamente por vários profissionais da FURG atuantes em gestão e qualidade das águas do estuário. Destaca-se nesse e-book a intensa atuação junto à equipe da FEPAM, de alguns professores da FURG, pertencentes na época aos Departamentos de Química (atual Escola de Química e Alimentos), de Oceanografia (atual Instituto de Oceanografia) e de Física.

Esta proposta baseou-se nas diferenças observadas entre os dois sistemas existentes na região estuarina: águas abertas de maior profundidade, e águas de enseadas rasas protegidas.

A área proposta para a classificação e o enquadramento estendeu-se desde a Ilha da Feitoria, ao norte do estuário, por ser esse o limite considerado para a área estuarina, até a desembocadura da laguna no Oceano Atlântico (Figura 1). Essa delimitação foi feita através de critérios hidrológicos, morfológicos, geológicos e biológicos.

Nessa proposta foi sugerido que a classificação e o enquadramento fossem feitos em duas etapas (parte sul e parte norte), cujas áreas a serem enquadradas em cada etapa estão mostradas adiante nas figuras 6, 7 e 8. Isso foi assim proposto porque a equipe da FURG considerou que não era suficiente só o enquadramento da parte sul do estuário, conforme estava sendo idealizado originalmente na audiência. Esta equipe da FURG argumentou que o estuário é um ecossistema integral, integrado e intercomunicado.

Foi recomendado que a FEPAM deveria realizar a segunda etapa do processo da classificação e do enquadramento no menor prazo possível, englobando assim todo o estuário, ou seja: providenciar o enquadramento posterior da parte norte do estuário.

A proposta da FURG estabeleceu uma classificação definindo basicamente três níveis de usos das águas: preservação, conservação e usos múltiplos. Isso foi devido ao entendimento de que a classificação generalizada, proposta originalmente pela Resolução nº 20 do CONAMA (1986), era insuficiente para enquadrar adequadamente as águas deste estuário. Assim, no processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos, esses níveis de uso foram definidos como:

**Preservação:** áreas de expressivo significado ecológico, que devem ficar livres de quaisquer empreendimentos (exceção à pesca artesanal controlada) e protegidas de degradação.

Na proposta da FURG foi sugerido que fossem enquadrados nesse nível os arroios que drenam para o estuário e as áreas mais protegidas (de menor hidrodinâmica, mais rasas e ainda não alteradas) do estuário.

**Conservação:** áreas onde as atividades humanas que ali se desenvolvem precisam ser mais bem controladas, mas não necessariamente proibidas. Nesse nível foi sugerido o enquadramento de todos os “sacos” ou enseadas do estuário, ao redor de Rio Grande, o canal de São Gonçalo, próximo a Pelotas (até a barragem) e as águas estuarinas abertas com profundidade inferior a 1 metro.

**Uso múltiplo:** áreas que requerem apenas medidas normais de controle ambiental nas atividades que ali se exercem. Pertenceriam a este nível todas as áreas hídricas do estuário que não se enquadrariam nos níveis acima mencionados.

**Proposta da FEPAM:** assemelhava-se à da FURG, mas propunha que durante a classificação das águas houvesse uma adequação às normas da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), através da criação de novas classes mais adaptadas para a realidade desse estuário. A tentativa disso foi atender aos anseios da comunidade local e a preservação desse meio ambiente. Na apresentação dessa proposta houve unanimidade do público presente na

audiência, quanto aos critérios apresentados.

A área escolhida pela FEPAM para a primeira etapa da classificação das águas do sul do estuário foi limitada ao norte pela linha de latitude que passa pela Ilha da Torotama em direção a enseada Saco do Mendanha e, ao sul, pela foz do estuário no Oceano Atlântico, incluindo as áreas límnicas que drenam os municípios de Rio Grande e São José do Norte (Figuras 6, 7 e 8).

Essa escolha foi em função da sua importância ecológica e econômica e do conflito existente pela forte pressão de desenvolvimento urbano, portuário e industrial existente na região. Isso foi acentuado ainda mais pela localização da cidade do Rio Grande, que está numa estreita faixa de terra cercada de água por praticamente todos os lados (formato peninsular). Além disso, nesta área sul existe a maior concentração de informações ambientais disponíveis, se comparada com o restante norte do estuário.

A segunda etapa da classificação e do enquadramento, pretendidos na ocasião para serem posteriormente executados, se referiu à parte norte do estuário, acatando a recomendação descrita na proposta da FURG (Figuras 6, 7 e 8).

**Proposta do Centro de Indústrias de Rio Grande (CIRG)**: foi apresentada conjuntamente com outras entidades oficiais locais. Somente diferiu daquela da FURG porque sugeriu que na Classe 8, citada originalmente na Resolução nº 20 do CONAMA (1986), deveriam ser incluídas as águas da parte superior do sul do estuário.

Estas águas são as adjacentes à cidade de São José do Norte e a parte da margem norte da cidade do Rio Grande, até a ponta da Ilha dos Marinheiros.

**Proposta do Centro de Estudos Ambientais de Rio Grande (CEA)**: apresentada conjuntamente com a Comissão do Meio Ambiente e do Bem-Estar Social (COMABES), com a União Protetora do Ambiente Natural (UPAN) e com representantes da Câmara de Vereadores de Rio Grande, da Pastoral dos Pescadores e do Sindicato dos Médicos.

Propunha que as águas salobras do estuário da Laguna dos Patos fossem, na sua totalidade, classificadas como Classe 7 Especial, com padrões de concentrações repensados, reestruturados e adaptados para essa nova classe proposta.

**Proposta do Conselho de Recursos Hídricos do Estado (CRH-RS)**: apresentou o seguinte conteúdo, modificando aspectos citados na Resolução nº 20 do CONAMA (1986):

– a original Classe 8 descrita nesta resolução, por não prever o uso da preservação da vida aquática e apresentar alguns padrões pouco restritivos, deveria ser desconsiderada para o estuário da Laguna dos Patos;

– deveriam ser discutidos e reavaliados os limites das concentrações dos constituintes químicos das águas das áreas que deveriam ser enquadradas;

– a Resolução nº 20 do CONAMA (1986) merece uma reconsideração para ser usada no

processo da classificação do estuário, através da criação de novas classes, baseadas nos critérios de classes originais dessa resolução. Estas classes, assim criadas, deveriam ser:

– Classe 7 Especial: com limites de concentrações de cada parâmetro idênticos aos citados originalmente na Resolução nº 20 do CONAMA (1986) para a Classe Especial de águas doces;

– Classe 7 Superior: com limites idênticos aos originais da Classe 1 de águas doces;

– Classe 7 Intermediária: com limites idênticos aos originais da Classe 2 de águas doces;

– Classe 7 Inferior: com limites idênticos aos originais das Classes 3 e 4 de águas doces.

Entretanto, se a Classe 8 da acima referida resolução sofresse reformulações com relação ao pH e outros parâmetros, não haveria necessidade da criação desta Classe 7 Inferior.

No **final dessa Primeira Audiência Pública** foi definida a realização de um seminário em Rio Grande, para apresentação dos resultados de pesquisas existentes sobre a qualidade ambiental do estuário da Laguna dos Patos. Estes deveriam subsidiar a discussão para a elaboração de uma proposta final de classificação e de enquadramento dessa área.

Após a concretização desse seminário, foi realizada uma **Segunda Audiência Pública**, também em Rio Grande, onde foi decidida a união das propostas da FURG e da FEPAM, resultando numa proposta final, que foi discutida e lapidada nessa audiência.

A partir disso, foi efetuada e consolidada em 1995 pela FEPAM, a classificação e a proposta de enquadramento das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos (Figuras 6, 7 e 8), cujo documento está reproduzido adiante.

Nesses eventos ficou oficializada a recomendação de que, após a classificação das águas do estuário, um passo seguinte (**META ou o que se quer**) deveria ser a efetivação e a aprovação do enquadramento. Isso se referiu a verificação da qualidade das águas de cada ambiente aquático classificado (monitoramento espaço-temporal intensivo ou diagnóstico, **ou o que se tem**), e a comparação dos resultados assim obtidos com a qualidade recomendada na classificação para a classe de água no qual cada ambiente foi classificado (nível de conformidade). Ou seja, ver se o que se tem é o que se quer.

### **Processo da Classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.**

Com a concretização desse processo, a FEPAM em 1995 emitiu a Norma Técnica nº 03, aprovada pela Portaria SSMA nº 07 (1995), as quais estão reproduzidas adiante. Versam sobre a classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos, com vista a obtenção de seus enquadramentos.

A proposta final da FEPAM (1995), que considerou os aspectos ressaltados pela proposta da equipe da FURG, criou três novas classes para as **águas salobras**, com limites mais apropriados (**Classes A, B e C**) (substituindo para esse tipo de água, as originais Classes 1, 2

e 3 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), descritas no seu artigo 20. Isso foi em função das características das águas do estuário a serem enquadradas, mantendo para as águas doces do município de Rio Grande, os mesmos limites descritos originalmente na referida resolução.

Dessa forma, as águas da parte sul desse estuário foram classificadas segundo seus usos preponderantes em **seis classes**. As Classes assim criadas **para águas salobras (A, B e C)** estão descritas a seguir:

**Classe A** – uma vez que para as águas dessa classe não é admitido nenhum tipo de lançamento de efluentes, equiparou-se esta Classe A à Classe Especial originalmente referida pela Resolução nº 20 do CONAMA (1986). Para estas águas não existem citações para limites de concentrações de constituintes hidroquímicos.

**Classe B** – a proposta de padrões ambientais para essa classe seguiu alguns critérios, os quais adotaram limites mais restritivos que os da Classe 7, originalmente citada na Resolução nº 20 do CONAMA (1986) como aplicável a todos ambientes de águas salobras ainda não submetidos ao processo de enquadramento. Dessa forma, os padrões dessa nova Classe B basearam-se principalmente naqueles recomendados para a **Classe 1**, original da referida resolução.

Para a adoção de novos padrões para essa Classe B, os técnicos envolvidos no processo da classificação consideraram as informações sobre as diferenças de comportamento e toxicidade de cada parâmetro nos ambientes de água salobra.

Foram também consideradas como referência de concentrações normais, aquelas já registradas em áreas do estuário com pouca influência antrópica.

**Classe C** – essa classe apresentou os mesmos padrões propostos na original **Classe 7** da Resolução nº 20 do CONAMA (1986).

A seguir, estão reproduzidos os **documentos com texto original e final referentes ao processo da “Classificação e da proposta de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul do estuário da Laguna dos Patos”** (FEPAM, 1995).

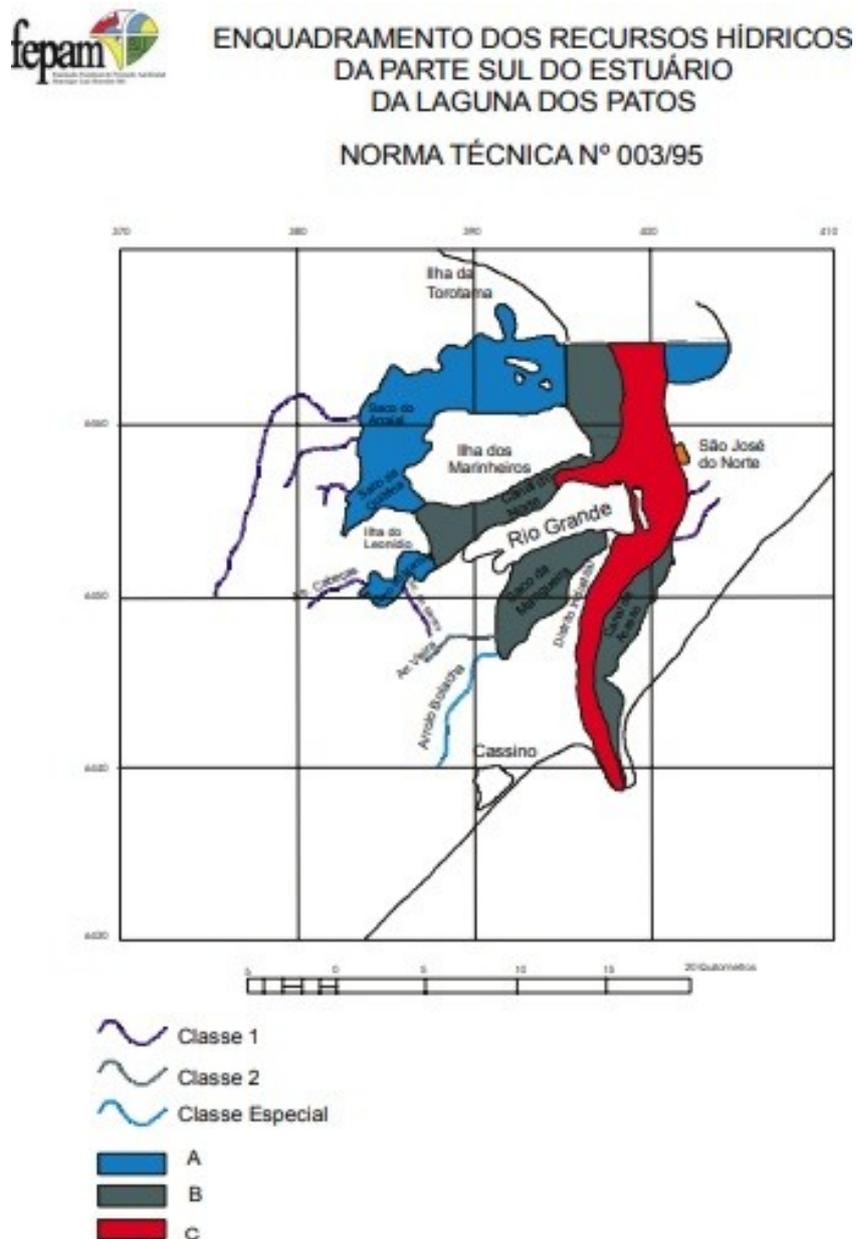
## FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER

### NORMA TÉCNICA n° 03/95

As águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos, em uma área delimitada ao norte pela linha de latitude que passa pela Ilha de Torotama em direção ao Saco do Mendanha e, ao sul, pela foz do estuário no oceano, incluindo as áreas límnicas que drenam os municípios de Rio Grande e São José do Norte, **são classificadas** segundo seus usos preponderantes em **6 (seis) classes**.

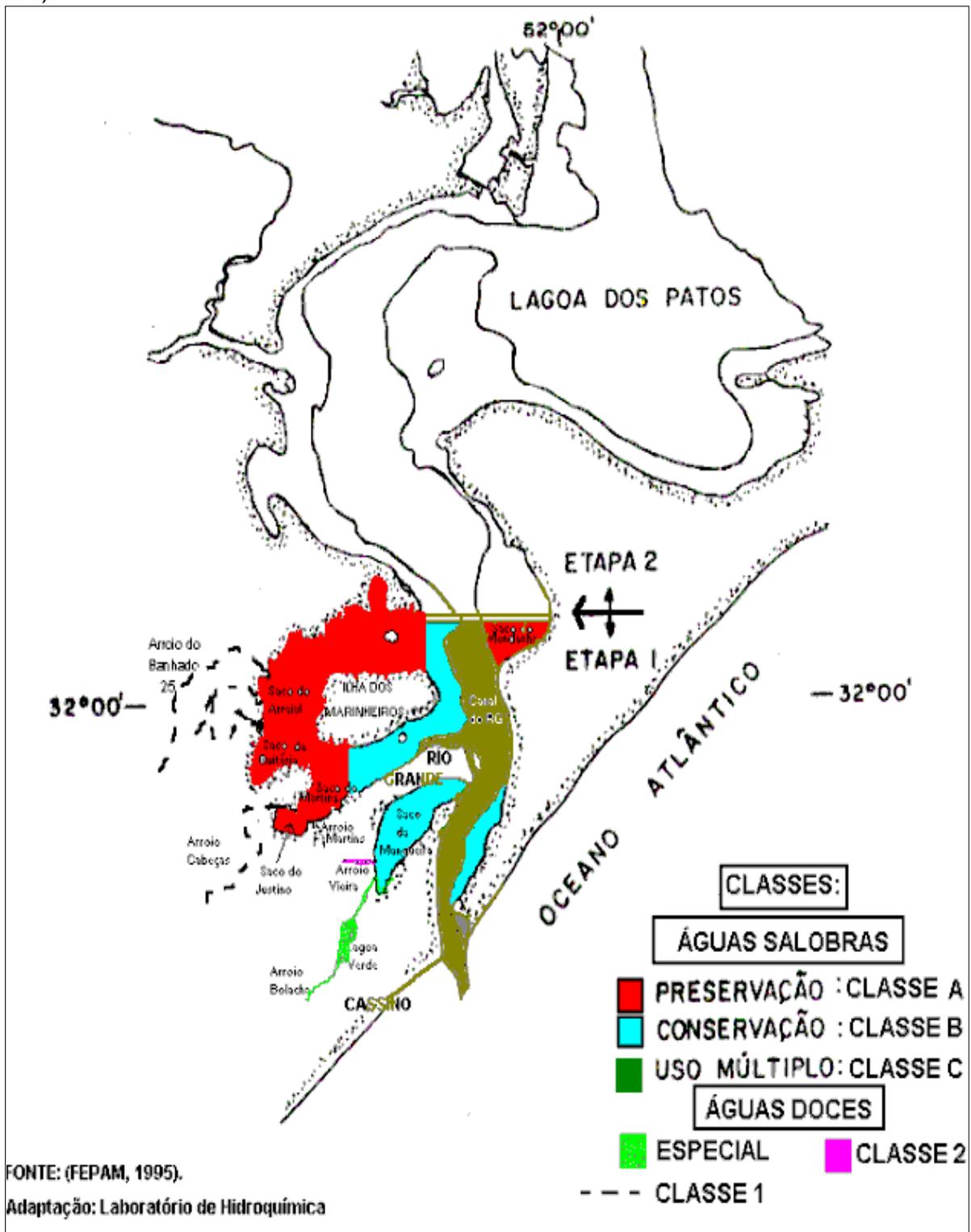
Destas, são 3 classes para águas doces, sendo mantidas as originais descritas na Resolução n° 20 do CONAMA (1986) (**Classes Especial, 1 e 2**) e 3 classes para águas salobras, as quais foram otimizadas (**Classes A, B e C**) (Figuras 6, 7 e 8; Tabela 1).

**FIGURA 6** – Esquema oficial final da classificação e da proposta de enquadramento da FEPAM (1995).



Fonte: extraído da FEPAM 1995.

**FIGURA 7** – Esquema da proposta da classificação das águas da parte sul do estuário da Lagoa dos Patos elaborado pela equipe da FURG e, considerando a proposta da FEPAM (1995).



FONTE: (FEPAM, 1995).

Adaptação: Laboratório de Hidroquímica

**Obs.: Etapa 1: concluída**

**Etapa 2: prevista**

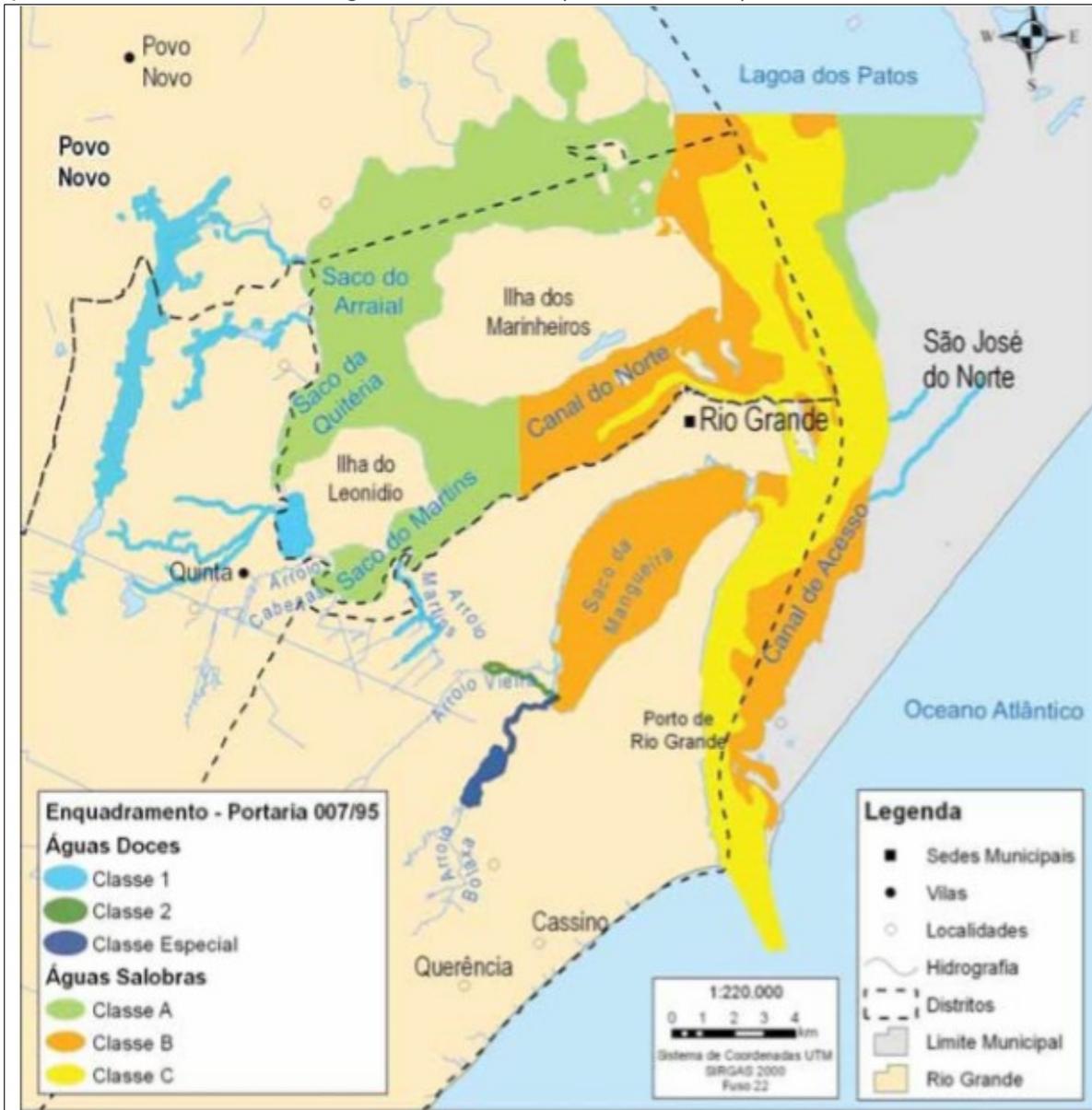
Fonte: adaptado Laboratório de Hidroquímica a partir de proposta da FEPAM (1995).

**TABELA 1** – Quadro esquemático da classificação e da proposta de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.

Água	Classe	Uso permitido	Corpo Hídrico
Doce	Classe Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção	Sistema Arroio-Lagoa do Bolaxa
		Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	
		Não são tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratadas.	
	Classe 1	Abastecimento doméstico após tratamento simplificado	Lagoa da Quinta Arroio Cabeças Arroio Martins Banhado do Vinte e Cinco Outros corpos hídricos que drenam para a área estuarina
		Proteção das comunidades aquáticas	
		Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)	
		Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	
		Criação natural e /ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana	
	Classe 2	Abastecimento doméstico, após tratamento convencional	Arroio Vieira
		Proteção das comunidades aquáticas	
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)			
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas			
Criação natural e /ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana			
Salobra	Classe A	Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	Saco do Justino Saco do Arraial Saco do Martins Saco da Quitéria Saco da Agulha Saco da Tuna Saco do Boto Saco do Medanha
		Não são tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratadas.	
	Classe B	Proteção das comunidades aquáticas	Saco da Mangueira Demais regiões rasas com profundidade inferior a 1,0 metros
		Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)	
		Criação natural e /ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.	
	Classe C	Proteção das comunidades aquáticas	Regiões com profundidade superior a 1,0 metros
		Recreação de contato primário e secundário	
		Navegação	

Fonte: extradido e adaptado de ENGEPLUS (2013)

**FIGURA 8** – Classificação oficial e a proposta final de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul do estuário da Laguna dos Patos” (FEPAM, 1995).



Fonte: extraído e adaptado de ENGEPLUS (2013).

## ÁGUAS DOCES (Figuras 6, 7 e 8)

### CLASSE ESPECIAL – águas destinadas:

- ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;
- à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Nas águas desta classe não são tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratadas. Uma vez que não é admitida nenhuma espécie de lançamentos, não há padrões de qualidade ambiental.

Foram enquadrados como **CLASSE ESPECIAL**:

– **Sistema Arroio/Lagoa do Bolaxa;**

**CLASSE 1** – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Nas águas dessa classe serão tolerados lançamentos de despejos, desde que, além de atenderem aos padrões de emissão referidos no artigo 21 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), não venham a fazer com que os limites estabelecidos para a respectiva classe sejam ultrapassados.

**Observação:** a Resolução nº 20 do CONAMA (1986) foi revogada pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005), na qual os padrões de lançamento de efluentes estão apresentados no artigo 34, &4 e &5 (Anexo 2).

Para as águas das Classes 1 e 2 são estabelecidos os limites e/ou condições **abaixo reproduzidos**, os quais são mantidos iguais aos citados originalmente na Resolução nº 20 do CONAMA (1986) para a Classe 1 de águas doces (artigos 4 e 5):

- a) materiais flutuantes, inclusive espumas não-naturais: virtualmente ausentes;
- b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;
- e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- f) Coliformes: para uso de recreação de contato primário, deverá ser obedecido o artigo 26 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), o qual recomenda que as águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias e análises periódicas.

Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 Coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de Coliformes fecais, o índice limite será de 1000 Coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês;

- g) DBO<sub>5dias</sub> a 20 °C: até 3mg/L O<sub>2</sub>;

- h) OD: em qualquer amostra, não inferior a 6mg/L O<sub>2</sub>;
- i) Turbidez: até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT);
- j) Cor: nível de cor natural do corpo de água em mg/L Pt/Co;
- l) pH: 6,0 a 9,0;

<b>m) Substâncias potencialmente prejudiciais</b>	<b>(teores máximos):</b>
- Alumínio	0,1mg/L Al
- Amônia não ionizável (correção: ionizada)	0,02mg/L NH <sub>3</sub>
- Arsênio	0,05mg/L As
- Bário	1,0mg/L Ba
- Berílio	0,1mg/L Be
- Boro	0,75mg/L B
- Benzeno	0,01mg/L
- Benzo(a)pireno	0,00001mg/L
- Cádmio	0,001mg/L Cd
- Cianetos	0,01mg/L CN
- Chumbo	0,03mg/L Pb
- Cloretos	250mg/L Cl
- Cloro residual	0,01mg/L Cl
- Cobalto	0,2mg/L Co
- Cobre	0,02mg/L Cu
- Cromo trivalente	0,5mg/L Cr
- Cromo hexavalente	0,05mg/L Cr
- 1,1-dicloroetano	0,0003mg/L
- 1,2-dicloroetano	0,01mg/L
- Estanho	2,0mg/L Sn
- Índice de fenóis	0,001mg/LC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
- Ferro solúvel	0,3mg/L Fe
- Fluoretos	1,4mg/L F
- Fosfato total	0,025mg/L P
- Lítio	2,5mg/L Li
- Manganês	0,1mg/L Mn
- Mercúrio	0,0002mg/L
- Níquel	0,025mg/L Ni
- Nitrato	10mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
- Nitrito	1,0mg/L N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
- Prata	0,01mg/L Ag
- Pentaclorofenol	0,01mg/L
- Selênio	0,01mg/L Se
- Sólidos dissolvidos totais	500mg/L
- Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5mg/L LAS
- Sulfatos	250mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
- Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não-dissociado)	0,002mg/L S <sup>2-</sup>
- Tetracloroetano	0,01mg/L
- Tricloroetano	0,03mg/L
- Tetracloroeto de carbono	0,003mg/L
- 2,4,6-triclorofenol	0,01mg/L
- Urânio total	0,02mg/L U

<b>m) Substâncias potencialmente prejudiciais</b>	<b>(teores máximos):</b>
- Vanádio	0,1mg/L V
- Zinco	0,18mg/L Zn
- Aldrin	0,01µg/L
- Clordano	0,04µg/L
- Dieldrin	0,005 µg/L
- Endrin	0,004µg/L
- Endosulfan	0,056µg/L
- Epóxido de heptacloro	0,01µg/L
- Heptacloro	0,01µg/L
- Lindano (gama-BHC)	0,02µg/L
- Metoxicloro	0,03µg/L
- Dodecacloro+Nonacloro	0,001µg/L
- Bifenilas policloradas (PCBs)	0,001µg/L
- Toxafeno	0,01µg/L
- Demeton	0,1µg/L
- Gution	0,005µg/L
- Malation	0,1µg/L
- Paration	0,04µg/L
- Carbaril	0,02µg/L
- Compostos organofosforados e carbamatos totais	10,0µg/L em Paration
- 2,4-D	4,0µg/L
- 2,4,5-TP	10,0µg/L
- 2,4,5-T	2,0µg/L

Foram enquadrados como **CLASSE 1** os seguintes ambientes do sul do estuário da Laguna dos Patos :

- **Laguna da Quinta;**
- **Arroio Cabeças;**
- **Arroio Martins;**
- **Banhado do Vinte e Cinco e outros corpos aquáticos que drenam para a área estuarina.**

**CLASSE 2** – águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Nas águas da **Classe 2** serão tolerados lançamentos de despejos, desde que, além de atenderem aos padrões de emissão, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para a respectiva classe sejam ultrapassados.

Para as águas dessa classe, são estabelecidos **os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:**

a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

b) Coliformes: para uso de recreação de contato primário, deverá ser obedecido o artigo 26 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) (**obs.:** atualmente deve ser cumprida a Resolução nº 274 do CONAMA, 2000, Anexo 1). Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1000 Coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de, pelo menos, cinco amostras mensais coletadas em qualquer mês.

No caso de não haver na região os meios disponíveis para o exame de Coliformes fecais, o índice limite será de até 5000 Coliformes totais por 100ml em 80% ou mais de, pelo menos, cinco amostras mensais colhidas em qualquer mês.

c) Cor: até 75 mg/L Pt/Co;

d) Turbidez: até 100 UNT;

e) DBO<sub>5</sub> dias a 20 °C: até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

f) OD: em qualquer amostra, não inferior a 5mg/L O<sub>2</sub>.

Foi enquadrado nessa **CLASSE 2**

– **Arroio Vieira.**

**ÁGUAS SALOBRAS** (Figuras 6, 7 e 8).

**CLASSE A** – águas destinadas:

a) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Nas águas dessa classe não serão tolerados lançamentos de águas residuárias, domésticas e industriais, lixo e outros resíduos sólidos e substâncias tóxicas, mesmo tratados. Uma vez que não é admitida nenhuma espécie de lançamentos, não há padrões de qualidade ambiental para essa classe.

Foram enquadradas nessa **CLASSE A** as seguintes enseadas do sul do estuário da Laguna dos Patos (Figuras 6, 7 e 8):

– **Saco do Justino;**

– **Saco do Arraial;**

– **Saco do Martins;**

– **Saco da Quitéria;**

– **Saco da Agulha;**

– **Saco da Tuna;**

– **Saco do Boto;**

– **Saco do Mendanha.**

**CLASSE B** – águas destinadas:

- a) à proteção das comunidades aquáticas;
- b) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Nas águas dessa classe serão tolerados lançamentos de despejos, desde que, além de atenderem aos padrões de emissão referidos no artigo 21 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), não venham a fazer com que os limites estabelecidos para a respectiva classe sejam ultrapassados.

**Observação:** a Resolução nº 20 do CONAMA (1986) foi revogada pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005), na qual os padrões de lançamento de efluentes estão apresentados no artigo 34, &4 e &5 (Anexo 2).

Para as águas da Classe B, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

- a) DBO<sub>5</sub> dias a 20 °C: até 3,0mg/L de O<sub>2</sub>;
- b) OD: em qualquer amostra, não inferior a 6,0mg/L O<sub>2</sub>;
- c) pH: 6,5 a 8,5;
- d) Óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- e) Materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- f) Substâncias que produzam cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- g) Substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- h) Coliformes: para uso de recreação de contato primário, deverá ser obedecido o artigo 26 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) (**Obs.:** atualmente deve ser cumprida a Resolução nº 274 do CONAMA, 2000, Anexo 1).

Para uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá excedida uma concentração média de 14 Coliformes fecais por 100ml, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 Coliformes fecais por 100ml.

Para os demais usos, não deverá ser excedido o limite de 1000 Coliformes fecais por 100 ml em 80% ou mais de, pelo menos, cinco amostras mensais, colhidas em qualquer mês. No caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de Coliformes fecais, o índice limite será de até 5000 Coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais, colhidas em qualquer mês.

**i) Substâncias potencialmente prejudiciais**

- Alumínio
- Amônia não ionizável (correção: ionizada)
- Arsênio
- Bário
- Berílio

**(teores máximos):**

- 0,1mg/L Al
- 0,02mg/L NH<sub>3</sub>
- 0,05mg/L As
- 1,0mg/L Ba
- 0,1mg/L Be

**i)Substâncias potencialmente prejudiciais****(teores máximos):**

- Boro	5,0mg/L Bo
- Benzeno	0,01mg/L
- Benzo(a)pireno	0,00001mg/L
- Cádmio	0,001mg/L Cd
- Cianetos	0,005mg/L CN
- Chumbo	0,01mg/L Pb
- Cloretos	19,3 g/L Cl
- Cloro residual	0,01mg/L Cl
- Cobalto	0,2mg/L Co
- Cobre	0,02mg/L Cu
- Cromo trivalente	0,5mg/L Cr
- Cromo hexavalente	0,05mg/L Cr
- 1,1-dicloroetano	0,0003mg/L
- 1,2-dicloroetano	0,01mg/L
- Estanho	2,0mg/L Sn
- Fenóis (índices)	0,001mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
- Ferro	0,3mg/L Fe
- Fluoretos	1,4mg/L F
- <b>Fosfato total *</b>	<b>? (atenção* !)</b>
- Lítio	2,5mg/L Li
- Manganês	0,1mg/L Mn
- Mercúrio	0,0001mg/L Hg
- Níquel	0,025mg/L Ni
- Nitrato	10,0mg/L N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
- Nitrito	1,0mg/L N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
- Prata	0,005mg/L Ag
- Pentaclorofenol	0,01mg/L
- Selênio	0,01mg/L Se
- Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5mg/L LAS
- Sulfatos	2,7 g/L
- Sulfetos(como H <sub>2</sub> S não-dissociado)	0,002mg/L S <sup>2-</sup>
- Tálho	0,1mg/L Tl
- Tetracloroetano	0,01mg/L
- Tricloroetano	0,03mg/L
- Tetracloro de carbono	0,003mg/L
- 2,4,6-triclorofenol	0,01mg/L
- Urânio	0,02mg/L U
- Vanádio	0,1mg/L V
- Zinco	0,17mg/L Zn
- Aldrin	0,003µg/L
- Clordano	0,004µg/L
- DDT	0,001µg/L
- Dieldrin	0,003µg/L
- Endrin	0,004µg/L
- Endosulfan	0,034µg/L
- Epóxido de heptacloro	0,001µg/L
- Heptacloro	0,001µg/L
- Lindano (gama-BHC)	0,004µg/L

i)Substâncias potencialmente prejudiciais	(teores máximos):
- Metoxicloro	0,03µg/L
- Dodecacloro+Nonacloro	0,001µg/L
- Bifenilas policloradas (PCBs)	0,001µg/L
- Toxafeno	0,005µg/L
- Demeton	0,1µg/L
- Gution	0,005µg/L
- Malation	0,1µg/L
- Paration	0,04µg/L
- Carbaril	0,02µg/L
- Compostos organofosforados e carbamatos totais	10,0µg/L em Paration
- 2,4-D	4,0µg/L
- 2,4,5-TP	10,0µg/L
- 2,4,5-T	2,0µg/L

**\*Atenção: Limite de Fosfato:** Até a determinação de um novo padrão, **não serão permitidos novos lançamentos de fosfatos**, a não ser que seja comprovada a não alteração da qualidade da água, por ocasião do empreendimento.

Foram enquadrados nessa **CLASSE B:**

– **Saco da Mangueira;**

– **demais regiões rasas do sul do estuário com profundidade inferior a um metro.**

**CLASSE C** – águas destinadas:

- à proteção das comunidades aquáticas;
- à recreação de contato primário e secundário;
- à navegação.

Nas águas dessa classe serão tolerados lançamentos de despejos, desde que, além de atenderem aos padrões de emissão, não venham a fazer com que os limites estabelecidos para a respectiva classe sejam ultrapassados.

Para as águas da Classe C são estabelecidos os mesmos limites ou condições citados para a Classe 7, da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), em seu artigo 10, **abaixo reproduzidos:**

- DBO<sub>5</sub> dias a 20°C: até 5mg/L O<sub>2</sub>;
- OD: em qualquer amostra, não inferior a 5mg/L O<sub>2</sub>;
- pH: 6,5 a 8,5;
- Óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- Materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- Substâncias que produzam cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- Substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;
- Coliformes: para uso de recreação de contato primário, deverá ser obedecido o artigo 26 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986). (**Obs.:** atualmente deve ser cumprida a Resolução nº 274 do CONAMA, 2000, Anexo 1).

Para uso de criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedida uma concentração média de 14 Coliformes fecais por 100ml, com não mais de 10% das amostras excedendo 43 Coliformes fecais por 100ml.

Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1000 Coliformes fecais por 100ml em 80% ou mais de pelo menos cinco amostras mensais, colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de Coliformes fecais, o índice limite será de até 5000 Coliformes totais por 100 ml em 80% ou mais de, pelo menos, cinco amostras mensais coletadas em qualquer mês;

<b>i)Substâncias potencialmente prejudiciais</b>	<b>(teores máximos):</b>
- Amônia não ionizável (correção: ionizada)	0,4mg/L NH <sub>3</sub>
- Arsênio	0,05mg/L As
- Cádmio	0,005mg/L Cd
- Cianetos	0,005mg/L CN
- Chumbo	0,01mg/L Pb
- Cobre	0,05mg/L Cu
- Cromo hexavalente	0,05mg/L Cr
- Índice de fenóis	0,001mg/LC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
- Fluoretos	1,4mg/L F
- Mercúrio	0,0001mg/L Hg
- Níquel	0,1mg/L Ni
- Sulfetos como H <sub>2</sub> S	0,002mg/L S <sup>2-</sup>
- Zinco	0,17mg/L Zn
- Aldrin	0,003µg/L
- Clordano	0,004µg/L
- DDT	0,001µg/L
- Demeton	0,1µg/L
- Dieldrin	0,003µg/L
- Endrin	0,004µg/L
- Endosulfan	0,034µg/L
- Epóxido de heptacloro	0,001µg/L
- Gution	0,01µg/L
- Heptacloro	0,001µg/L
- Lindano (gama-BHC)	0,004µg/L
- Malation	0,1µg/L
- Metoxicloro	0,03µg/L
- Dodecacloro+Nonacloro	0,001µg/L
- Paration	0,04µg/L
- Toxafeno	0,005µg/L
- Compostos organofosforados e carbamatos totais	10,0µg/L em Paration
- 2,4-D	10,0µg/L
- 2,4,5-T	10,0µg/L
- 2,4,5-TP	10,0µg/L

Foram enquadradas nessa **CLASSE C:**

**– regiões com profundidade superior a um metro, como o Canal do Norte e o Canal do Rio Grande, ao sul do estuário da Laguna dos Patos.**

**Nota:** “A FEPAM assume o compromisso de efetuar a **segunda etapa** da classificação e enquadramento do estuário da Laguna dos Patos, até a linha imaginária que liga a Ponta dos Lençóis à extremidade sul da Ilha da Feitoria, considerando os mesmos critérios adotados nessa primeira etapa”.

Porto Alegre, 24 de maio de 1995.

**Verena Nygaard**  
**Diretora Presidente da FEPAM: D.345786 – 28 – 23 de maio**

**ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**  
**FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER**

**PORTARIA SSMA, nº 07/1995**

**APROVA A NORMA TÉCNICA nº 03/95, SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DE  
UMA ÁREA DA PARTE SUL DO ESTUÁRIO DA LAGUNA DOS PATOS.**

O SECRETÁRIO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE no uso das atribuições que lhe conferem os incisos I e II do artigo 90 da Constituição do Estado, do artigo 59 da Lei Estadual nº 6.503, de 22 de dezembro de 1972, combinado com os artigos. 26, inciso I, da Lei Estadual nº 23.430 de 24 de outubro de 1974.

CONSIDERANDO as disposições da Resolução do CONAMA nº 20 de 1986 (Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional).

**RESOLVE:**

**Artigo 1** – Fica aprovada a Norma Técnica SSMA/nº 003/1995, integrante desta Portaria, que estabelece a classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos, em uma área delimitada ao norte pela linha de latitude que passa pela Ilha da Torotama em direção ao Saco da Mandanha e, ao sul, pela foz do estuário no oceano, incluindo as áreas límnicas que drenam os municípios de Rio Grande e São José do Norte.

**Artigo 2** – Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogada as disposições em contrário.

Porto Alegre, 5 de maio de 1995.

**Germano Medeiros Bonow**

**Secretário de Estado e da Saúde e do Meio Ambiente**

**D.345787 – 28 – 25 de maio**

#### **4.5 – Atividades promovidas em 1997, para a adequação do uso da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) em processos de classificação e enquadramentos de recursos hídricos.**

As dúvidas e as discussões ocorridas durante a aplicação da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) no processo de classificação das águas do estuário da Laguna dos Patos, usada na época como base nos processos de enquadramento de águas naturais, motivaram a FEPAM e a GTZ (Sociedade Alemã de Cooperação Técnica) a promover, em abril de 1997 em Porto Alegre (RS), um **Encontro Nacional**.

Neste encontro foram apresentados os problemas e as controvérsias geradas na aplicação desta resolução para esta classificação, ou para outros processos similares nos quais esta resolução fosse a base. Além disso, foram identificadas as alternativas de soluções destes problemas e as possíveis formas de encaminhamento.

A seguir, estão descritos os problemas identificados nesse encontro e apresentadas as propostas para a solução dos mesmos. Todas essas informações sobre esse Encontro Nacional constam no relatório final e oficial desse evento (FEPAM/GTZ, 1997).

A partir da identificação dos problemas, o ideal seria que as suas soluções que foram apresentadas no referido encontro tivessem sido integralmente contempladas na oficialização do processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos feita em 1995. **Entretanto, isso não aconteceu integralmente.**

Os problemas abordados foram:

##### **1 – Problemas quanto aos padrões ambientais:**

- a) ausência de citações de alguns parâmetros importantes para as águas de cada área e ausência de definição de padrões para os sedimentos e para a biota;
- b) parâmetros com padrões ambientais muito restritivos;
- c) parâmetros com limite de detecção analítica maior que o padrão ambiental.

**Encaminhamentos propostos** no referido **Encontro Nacional** referentes a estes problemas:

a) a curto prazo, os estados deveriam definir os padrões dos parâmetros que julgarem importantes, com base no artigo 15 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), que era vigente na época. A longo prazo, estes parâmetros deveriam ser incluídos na legislação nacional, quando pertinentes;

b) no âmbito estadual, deveriam ser realizados os estudos necessários e atuais para comprovar a condição natural do ambiente hídrico a ser enquadrado. Isso se embasava no texto do artigo 20 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), alínea a;

c) deveriam ser desenvolvidos estudos científicos com uma rede amostral espaço-temporal significativa (monitoramentos), para identificar e solucionar os problemas detectados em cada ambiente hídrico submetido ao enquadramento com o uso da acima referida resolução.

## **2 – Problemas quanto à balneabilidade:**

a) na acima referida resolução faltam outros indicadores bacteriológicos/microbiológicos, além dos Coliformes;

b) há ausência de indicadores para as areias/substratos expostos;

c) a metodologia de análise e interpretação dos níveis de balneabilidade não permite um prognóstico.

**3 – Problemas quanto ao número de classes:** foram consideradas poucas classes de água salobra e salina para um processo de enquadramento de áreas costeiras.

**Encaminhamento proposto no Encontro Nacional com relação aos problemas 2 e 3 acima referidos :** em curto prazo, os estados deveriam definir as novas classes que se fizerem necessárias num processo de enquadramento.

Em longo prazo, estas classes deveriam ser uniformizadas e incluídas na legislação nacional vigente.

**4 – Problema quanto a falta de definições** dos usos da água em cada classe e de entendimento dúbio em alguns termos como: “estudo de impacto ambiental” e “lançamento direto e indireto” (artigo 23, parágrafo único) citados na Resolução nº 20 do CONAMA (1986).

**Encaminhamento proposto com relação ao problema 4:** foi recomendada a inclusão dessas definições nessa resolução ou nas que a seguiriam, e estas definições deveriam ser consideradas nos processos de enquadramento.

**5 – Problema quanto a falta de normas e procedimentos** para o diagnóstico da condição do recurso hídrico e monitoramento das águas classificadas e enquadradas. A elaboração destas normas deveria seguir o artigo 20, alínea g da Resolução nº 20 do CONAMA (1986).

**Encaminhamento proposto com relação ao problema 5:** a legislação nacional deve estabelecer as diretrizes gerais e delegar aos estados especificidades, tais como:

- a seleção dos parâmetros definidores da condição do recurso aquático;
- a definição da vazão crítica a ser adotada em cada efluente a ser lançado e no ambiente receptor;
- e a definição do tratamento estatístico dos dados gerados num monitoramento.

**6** – Problema quanto a considerar muito restritivo o **padrão de fosfato** que consta na Resolução nº 20 do CONAMA (1986) para águas doces (0,025mg/L de P ou 0,8µM de P).

**Encaminhamentos propostos com relação ao problema 6:**

a) a consolidação, o incentivo e a ampla divulgação das diversas pesquisas em andamento ou já publicadas sobre os teores naturais de fosfato em águas doces brasileiras, principalmente nas águas que já foram ou deverão ser enquadradas;

b) a consulta em instituições que realizam monitoramentos da qualidade da água (órgãos ambientais nos âmbitos federal, estadual e municipal, companhias de abastecimento de água, companhias energéticas, universidades, centros de pesquisa). O objetivo era a busca de comprovação da ocorrência de valores de fosfato superiores ao padrão referido nessa Resolução, sem prejuízo para os diversos usos da água que foi enquadrada ou deverá ser;

c) a formação de um grupo de trabalho para compilação destas informações e para sugestão de valores limites de fosfato para as seguintes situações:

\*ambientes lóticos (cursos de água) que não contribuem para lagos e represas;

\*ambientes lênticos (lagos e represas) e ambientes lóticos tributários a lênticos.

Neste referido Encontro Nacional foi também sugerido que o Ministério do Meio Ambiente (MMA) fosse o articulador central de todo o processo proposto de mudanças. Nele foi também decidida a necessidade da efetivação de uma posterior discussão oficial das metodologias de encaminhamentos das propostas ao CONAMA. A pretensão era para que este conselho elaborasse uma nova e mais moderna resolução em um futuro o mais rápido possível;

**Efetivações dos encaminhamentos feitos neste Primeiro Encontro Nacional:**

De todas as sugestões (encaminhamentos) que foram feitas neste acima referido encontro, dentre outras, destaca-se algumas que foram contempladas, sendo elas:

– os artigos da Resolução nº 20 do CONAMA (1986), numerados de 26 a 34 referentes à balneabilidade, foram revogados, atualizados e complementados. Assim, foi elaborada a **Resolução nº 274**, de 29 de novembro de 2000, em cujo texto (Anexo 1) são feitas referências a presença de outras espécies de micro-organismos (inserção de bactérias fecais *Escherichia coli* ou *E. coli* e de *Enterococcus*). Foram também feitas referências a Coliformes fecais e Coliformes totais, assim como considerar a presença de florações oportunistas e de outras características indesejáveis para a balneabilidade de águas naturais.

– em 2005, com relação a **qualidade de águas de ambientes aquáticos**, foi decretada pelo CONAMA a **Resolução nº 357** (Anexo 2), em substituição e revogação da **Resolução nº 20 do CONAMA de 1986**. Esta nova resolução se apresenta mais otimizada em termos de resolver os problemas detectados na resolução anterior;

– Em 2008 foi implementada a **Resolução nº 91, do CNRH** (MMA), que *dispõe sobre*

procedimentos gerais para o Enquadramento dos Corpos de Águas Superficiais e Subterrâneos (Anexo 3).

– em 2011, em relação a critérios de lançamento de efluentes, foi implementada a **Resolução nº 430 do CONAMA** (Anexo 4), que complementa e altera a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) (Anexo 2) sob a abordagem de efluentes. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes a nível nacional.

– posteriormente, em 2017, a nível estadual foi efetivada a **Resolução nº 355 do CONSEMA** (Anexo 6), que também aborda os critérios e padrões de lançamento de efluentes.

## **5– CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 – O processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.**

A seguir, são apresentadas recomendações básicas, complementares e urgentes a serem consideradas nas pretendidas e necessárias atualizações e na otimização da classificação das águas deste estuário e a pretendida efetivação atual do processo de enquadramento destas águas, sendo elas:

#### **A – Quanto ao processo da classificação “em si”:**

##### **Primeira recomendação**

Em 1995 muitos problemas foram identificados no uso da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) como base do **processo da classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos (FEPAM, 1995: Norma Técnica 03/95 e aprovado pela Portaria SSMA nº 07/95)**. Em 2005, esta resolução foi substituída pela Resolução nº 357 do CONAMA (Anexo 2), a qual tem uma abordagem mais atualizada, mais exigente em termos de limites de concentrações e mais abrangente. Em 2008 foi implantada a Resolução nº 91 do CNRH (Anexo 3) que aborda normas a serem cumpridas para o enquadramento de recursos hídricos e sua efetivação.

Por isso, é indispensável que, passados mais de 20 anos da realização da classificação da parte sul deste estuário, há a extrema urgência da sua **atualização e otimização**.

**Segunda recomendação:** com relação a parte norte deste estuário, há urgência no cumprimento da proposta efetivada pela FEPAM (1995), de realização da sua classificação e do pretendido enquadramento complementar, já que isso foi abordado e prometido no texto final da NORMA TÉCNICA nº 03/1995.

Esta necessidade de classificar e enquadrar todo o estuário da Laguna dos Patos e não somente sua parte sul, se apóia no fato já referido anteriormente, de que esse estuário é um

ecossistema interligado desde sua parte norte até a sua desembocadura no Oceano Atlântico. Isso ocorre tanto sob o ponto de vista oceanográfico, como comercial, estratégico, biológico, ecológico, de navegação, entre outros aspectos.

Este estuário é muito frágil, complexo e extremamente estratégico para o desenvolvimento da região sul do Brasil e, principalmente, para o MERCOSUL.

**Terceira recomendação:** nesta **NORMA TÉCNICA n° 03/1995**, com relação à “águas doces Classe Especial”, apenas há referência ao “**Sistema Arroio/Lagoa Bolaxa**” (Tabela 1).

Considerando que todos os recursos hídricos pertencentes à Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (APA) devam ser classificados nessa classe, pela própria característica de uma APA, fica aqui a recomendação de que todos eles devem ser nominalmente mencionados.

Nesse sentido, a recomendação de citação mais didática seria: “**Água doce - Classe Especial: corpos hídricos pertencentes à APA da Lagoa Verde: Canal São Simão, Lagoa Verde, Arroio Bolaxa e Arroio Senandes**”.

Esta recomendação é corroborada pela constatação de que, nos mapas da classificação (Figuras 6,7 e 8), os recursos hídricos da APA da Lagoa Verde aparecem marcados igualmente, no mesmo tom de cor, compondo um grupo único como classificados como Classe Especial.

**B – Quanto a alguns parâmetros que devem ser reconsiderados na pretendida atualização do processo de classificação das águas da parte sul do estuário da Laguna dos Patos .**

**– Amônia versus nitrogênio amoniacal.**

Na antiga Resolução n° 20 do CONAMA (1986) são citados limites máximos de concentração para o parâmetro “Amônia não ionizável (como NH<sub>3</sub>)”. Este parâmetro foi também citado dessa **maneira incorreta** na **NORMA TÉCNICA n° 03/1995**, para as Classes de águas doces e salobras.

A maneira correta de fazer referência a este parâmetro é como “**Amônia não ionizada, ou simplesmente Amônia**” ou gás amoníaco. Isso é embasado pelo fato de que, o termo “não ionizável” não quer dizer a mesma coisa que “não ionizada”. A Amônia é uma forma gasosa do nitrogênio e pode se ionizar (passar para íon amônio ou NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) em condições de pH mais ácido da água. Portanto, na atualização do processo de enquadramento das águas do estuário, **há a necessidade da correção da forma de referência a este parâmetro.**

Com relação aos valores limites de concentrações de Amônia não ionizada, no documento final do acima referida classificação, o limite de 0,4mg/L de NH<sub>3</sub> recomendado para **águas salobras Classe C** é tolerante demais (valor exagerado sob o ponto de vista ecológico), mesmo que seja para águas com menor exigência de qualidade, como as desta Classe C.

A proposta desse e-book é de que esse limite de 0,4mg/L deve ser mais restritivo, ou seja, ser otimizado para um valor menor. Para a atualização do processo de classificação das águas

do estuário, a sugestão é que esse novo limite de concentração poderia ser mais aproximado do limite que está definido para Amônia nas Classes A e B de águas salobras e Classes 1 e 2 de águas doces (0,02mg/L).

Um outro parâmetro importante referente ao nitrogênio inorgânico dissolvido em águas é o **Nitrogênio amoniacal**. Apesar da sua importância, ele não foi considerado para nenhuma classe de qualidade de águas no documento do processo de classificação das águas do estuário da Laguna dos Patos, somente havendo citação para a Amônia.

Entretanto, o Nitrogênio amoniacal é citado na Resolução nº 357 do CONAMA (2005, Anexo 2). Se refere à soma da amônia não ionizada (ou somente Amônia) e do íon amônio dissolvido (que é a Amônia ionizada ou  $\text{NH}_4^+$ ). Ambas formas são analisadas juntas na metodologia analítica rotineira de absorciometria (convencional colorimétrica, descrita em Baumgarten *et al.*, 2010). O resultado assim obtido é referido como “Nitrogênio amoniacal” ou simplificando como “Amônio”. Este parâmetro é um ótimo quimioindicador de aportes de matéria orgânica biodegradável para as águas e, sendo um fitonutriente, é muito eutrofizante (Baumgarten, 2010)

Portanto, na atualização do processo de classificação das águas do estuário, para todas as classes de águas, deve ser feita a **inserção do parâmetro Nitrogênio amoniacal**, com definições dos limites de concentrações adequados para cada classe. Isso é embasado pelo fato de que neste estuário há intensos aportes de efluentes urbanos e industriais contaminados, e a eutrofização favorecida pelo excesso de amônio domina as águas de muitas margens do estuário (Baumgarten, 2010 e Aguiar *et al.*, 2014).

#### **- Fosfato versus Fósforo total.**

Atualmente, na Resolução nº 357 do CONAMA (2005), para as classes de água doce são citados limites apenas de Fósforo total. Para as águas salinas e salobras são citados limites para 2 formas de fósforo: Fósforo total e Polifosfato.

Entretanto, no documento do processo de classificação das águas do estuário da Laguna dos Patos, a referência ao fósforo na água é feita apenas como “**Fosfato total**”, não sendo mencionadas as formas de Fósforo total e nem de Polifosfato.

O problema é que o termo “Fosfato total ( $\text{PO}_4^{3-}$ )” é confundido com “Fósforo total (P total)”, principalmente para o público com menos afinidade em análises químicas.

Estes termos não tem o mesmo significado. A confusão pode ocorrer porque há muita semelhança sonora e textual entre estes 2 termos. Entretanto, quimicamente e ecologicamente são parâmetros com diferentes interpretações, diferentes métodos de análises e diferentes origens das suas presenças nas águas.

Portanto, na atualização da classificação das águas do estuário, o mais correto é citar o parâmetro como “Fosfato dissolvido” ao invés de “Fosfato total”. Além disso, este **parâmetro**

**deve ser citado para todas as classes de águas doces e salobras, adicionalmente ao parâmetro “Fósforo total”.** O parâmetro Polifosfato deve ser excluído, porque não é usual atualmente em análises de águas.

A referência ao parâmetro Fosfato dissolvido nas legislações é importante, porque, apesar de ser um fitonutriente essencial (oligoelemento), quando em excesso nas águas é eutrofizante.

Esclarecendo quimicamente a diferença de termos: “**Fosfato**” se refere ao fósforo ligado a 3 átomos de oxigênio, sendo um ânion trivalente ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Entretanto, “**Fósforo total**” inclui todas as formas de fósforo na água, tanto as dissolvidas iônicas ou moleculares (como fosfatos) e mais outras formas de fósforo que estejam associadas ou constituintes de partículas em suspensão, orgânicas e inorgânicas. Essencialmente, as formas em suspensão do fósforo não são diretamente fitonutrientes e assim, não são necessariamente eutrofizantes ou biodisponíveis para os produtores primários. Por isso, as 2 formas tem que ser individualmente avaliadas.

Com relação aos valores limites descritos para diferentes formas de fósforo, no documento original da classificação das águas do estuário, foi detectado um problema sério e importante, sendo descrito a seguir.

Este problema se refere a que, para águas salobras Classe B, no referido documento (**NORMA TÉCNICA nº 03/1995**), na citação do parâmetro “Fosfato total”, não há referência a nenhum valor limite de concentração recomendado para esta classe de água (aparece registrado como uma interrogação nessa Norma Técnica). Isso é grave numa classificação de águas, onde há comprovação (ver ítem 4.3), de importantes aportes de fósforo Baumgarten, 2010 e Baumgarten et al., 2017).

Este limite de Fosfato dissolvido precisa ser definido na **pretensa atualização dessa classificação das águas do estuário da Laguna dos Patos**. Na ocasião da oficialização desta classificação (FEPAM, 1995), a ausência deste limite e Fosfato foi justificada com o texto oficial aqui reproduzido:

“Até a determinação de um novo padrão de Fosfato, não serão permitidos novos lançamentos desse constituinte da água, a não ser que seja comprovada a não alteração da sua qualidade, por ocasião de um empreendimento potencialmente poluidor de fosfato dissolvido, nas águas salobras enquadradas nessa Classe B”.

Apesar de não ter havido um consenso para o valor limite de fosfato, na ocasião do processo da classificação das águas estuarinas, em 1995, houveram várias sugestões de valores limites de concentração a ser adotado para fosfato. Houve a proposta de repetir para águas salobras o mesmo limite que estava estipulado para águas doces: 0,025mg/L de  $\text{P-PO}_4^{3-}$  (0,8 $\mu\text{M}$ ). Mas, foi unanimidade na comissão que atuou nesse processo da classificação, que este valor é muito restritivo para águas doces e salobras. Ele deveria ser maior, desde que não resultasse em desequilíbrios ambientais, para ambos tipos de águas.

Nesta ocasião, foi sugerido o limite de **0,031 mg/L (1µM) de fosfato** para águas doces e salobras, com o argumento que, na bibliografia internacional, esse valor é citado como normal para águas costeiras o valor de (Aminot & Chaussepied, 1983 e Marreto *et al.*, 2017).

Portanto, fica aqui a sugestão da adoção do limite de 0,031mg/L de Fosfato dissolvido na atualização do processo da classificação das águas salobras do estuário. Nessa atualização, há a necessidade da inserção do parâmetro Fósforo total, com os mesmos limites recomendados pela Resolução do CONAMA nº 357 (2005).

#### – **Pesticidas (herbicidas, inseticidas) e outros compostos orgânicos.**

Para a atualização e otimização do processo de classificação do estuário da Laguna dos Patos, é indispensável e necessário que seja feita uma avaliação atualizada dos pesticidas e inseticidas que realmente precisam ter suas concentrações monitoradas nas águas deste estuário.

Isso justifica-se pela constatação de que, nos últimos anos, vários pesticidas tiveram suas regras de uso alteradas e que, além disso, vários foram implantados no mercado e vários abolidos. Para tanto, é indispensável a elaboração de um levantamento dos compostos utilizados nas lavouras do estado, principalmente nas margens do estuário.

É necessário e importante que, na atualização da classificação das águas do estuário, alguns compostos já referidos podem ser mantidos, outros inseridos e alguns até excluídos. Além disso, os limites de concentrações já estabelecidos para estes compostos precisam ser reavaliados.

Um importante pesticida que deveria ser considerado (e não foi) na listagem dos parâmetros descritos no processo da classificação das águas salobras do estuário é o **Glifosato**. Reforça essa sugestão, a constatação de que o mesmo consta na Resolução nº 357 do CONAMA (2005) e, tem sido aventadas notícias de que ele está sendo usado na agricultura regional.

Ainda com foco em pesticidas, no documento que oficializa a classificação das águas do estuário não estão bem esclarecidas algumas maneiras de citar estes compostos. Um exemplo nítido é o caso do inseticida que é referido como Dodecacloro+**Nonacloro** para as classes de águas doces e salobras. Essa citação gera uma confusão de nomenclatura, porque na Resolução nº 357 do CONAMA (2005), somente há a citação do inseticida Dodecacloro pentaciclodecano para águas doces e salinas Classe 1 (não há referência conjunta ao Nonacloro). Isso tem que ser reavaliado na otimização e atualização dessa classificação das águas estuarinas.

## **5.2 – Concluindo sobre a busca da qualidade das águas classificadas.**

A caracterização da qualidade das águas e a análise de tendências em bacias hidrográficas são essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e a classificação e o enquadramento dos recursos hídricos. Para tanto, o monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para

a obtenção do diagnóstico e da adequada gestão dos recursos hídricos (ANA, 2007).

Os monitoramentos espaço-temporal contínuos e abrangentes dos recursos hídricos permitem avaliar a qualidade das suas águas e determinar o nível de conformidade legal da concentração de cada um de seus constituintes. O resultado da concentração analisada para cada parâmetro é comparada com o valor limite estabelecido para o mesmo, sendo específico para cada classe de água, na qual o recurso hídrico em questão estiver classificado. Essa geração do diagnóstico da qualidade das águas a serem enquadradas (**o que se tem**) já está amplamente recomendado pela Agência Nacional das Águas (ANA), conforme apresentado anteriormente no Quadro 2 neste e-book.

Nesse sentido, neste e-book (particularmente no item 3.2) ficaram explicitadas as consequências prejudiciais causadas nas águas pelos aumentos excessivos e pelas alterações anormais das concentrações dos seus constituintes.

Foi também enfatizado nesse e-book que, classificar e enquadrar um ambiente aquático gera uma ferramenta legal para ser usada em ações que devem ser desencadeadas por órgãos públicos ou privados ligados ao ambiente, sejam estaduais ou municipais, que buscam a preservação e/ou a conservação das águas. Além de fazer a classificação de cada recurso hídrico (**o que se quer**), é necessária a aprovação e a **efetivação do seu enquadramento**. Para tanto, o controle e a manutenção da qualidade das águas, recomendada no processo da classificação tem que ser uma realidade continuada no espaço e no tempo. Ou seja: **adequar o que se tem ao que se quer (meta a ser cumprida para a efetivação do enquadramento)**.

Particularmente, com relação ao estuário da Laguna dos Patos, o processo da classificação, identificando “o que se quer” para estas águas reforçam a necessidade de incremento em monitoramentos atuais **e mais abrangentes espaço-temporais**. Isso permite um diagnóstico contínuo, indispensável para a efetivação atual do enquadramento dessas águas.

Essa recomendação é reforçada pelo fato de que, conforme apresentado neste e-book no item 4.3, nas águas já classificadas deste estuário, os monitoramentos e avaliações já efetuadas não contemplam integralmente as estratégias acima recomendadas, ou seja:

1 - A esmagadora maioria dos estudos acadêmicos apresentados nesse e-book não se caracterizaram como monitoramentos espaço-temporais continuados e sequencias da integral avaliação da qualidade das águas enquadradas deste estuário. Cada um destes estudos contemplou periodicidade e locais de amostragem diferentes entre si, com objetivos técnicos diferentes a serem cumpridos.

2 – Nestes estudos publicados, nem sempre foram analisados os mesmos parâmetros em todos ambientes hídricos do estuário que foram classificados em 1995. Somando-se a isso, muitas vezes, alguns importantes parâmetros analisados nestes estudos não tem limites

estipulados no processo da classificação. Um exemplo disso é a inexistência no documento final da classificação do estuário (FEPAM, 1995) de um valor limite para as concentrações de fosfato para águas salobras, o que é um problema grave, em função da já comprovada riqueza deste fitonutriente em alguns locais do sul do estuário que recebem efluentes.

Esta heterogeneidade nas informações, objetivos e nas estratégias de amostragens destes estudos acima referidos para o estuário, dificulta uma interpretação integral dos níveis de conformidade da qualidade das águas já classificadas. Isso também não favorece a efetivação e a **aprovação atualizada** do enquadramento destas águas.

Particularmente, quanto aos sequencias monitoramentos da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, **realizados pela FEPAM, eles são muito necessários e relevantes para a gestão das águas dessa bacia e da Laguna dos Patos**. Entretanto, com referência ao monitoramento mais atual (FEPAM, 2020), ele não foi abrangente nas águas do sul do estuário já classificadas. Por exemplo, dentre o total de locais de amostragem nas águas da acima referida bacia hidrográfica, apenas 4 ou 5 locais situaram-se nas áreas classificadas do sul do estuário (ver item 4.3). Considera-se insuficiente essa amostragem no estuário, principalmente nas áreas mais rasas do sul deste estuário, se a pretensão ou o foco fosse específico para avaliar a efetivação da classificação destas águas e de seu pretense enquadramento. Destaque nesse sentido para a condição de qualidade das águas do Saco da Mangueira

O ideal seria que nos próximos monitoramentos realizados pela FEPAM, fosse aumentada essa rede amostral nas águas classificadas do sul do estuário, sendo ela mais representativa das diferenças espaciais comprovadamente existentes noa ambientes hídricos que foram classificados em 1995. Essa sugestão de aumento de locais de amostragem se embasa porque no relatório da FEPAM (2020) fica enfatizado que:

“Desde 2016, que este órgão estadual está reimplementando e ampliando a rede básica de monitoramento da qualidade da água superficial, aderindo ao Programa Qualiáguas da Agência Nacional de Águas – ANA”.

Para a justificativa dessa ampliação da rede amostral, deve ser levado em consideração que o estuário é muito heterogêneo espaço-temporalmente. Além disso, tem uma área de relativamente grande amplitude (representaem torno da décima parte da Laguna dos Patos) e tem uma imensa e diversificada biodiversidade dependendo da área considerada.

Comparando as diferentes áreas da parte sul do estuário, se constata entre muitas delas, diferentes características oceanográficas, com instáveis e variadas hidrodinâmicas (regimes de enchentes, vazantes, estofas), diferentes profundidades e, ainda, com áreas tendo diferentes intensidades e tipos de impactos antrópicos.

Considera-se também que, os estudos acadêmicos desenvolvidos neste estuário deixaram bem claro que, além de avaliar a qualidade das águas, foi importante a identificação

dos locais de lançamento de efluentes (mapeamento) nas mesmas, e a caracterização destes efluentes. Isso evidenciou possíveis aportes antrópicos para as águas do estuário e, se estes são legais ou não, oficiais ou clandestinos.

A identificação dos locais de lançamento de efluentes também identifica locais onde as águas merecem monitoramento prioritário. São documentados os locais onde há maiores chances de ocorrerem desconformidades com relação ao recomendado no processo da classificação das águas do estuário.

Nesse sentido, tem que ser considerado que, nem sempre um lançamento de efluente causa contaminação e ou poluição das águas receptoras. Isso depende de vários fatores, como: vazão do efluente e da água receptora, profundidade e hidrodinâmica da mesma, composição de ambos, entre outros fatores. Isso gera diferentes capacidades de autodepuração (CA) das águas receptoras.

A partir da identificação e localização dos lançamentos de efluentes, se eles forem clandestinos e/ou contaminados, é importante que os órgãos públicos gestores e fiscalizadores do meio ambiente exijam dos responsáveis pelos efluentes, as soluções para o problema. Assim, é indispensável que os efluentes clandestinos sejam bloqueados e, que os contaminados sejam tratados e analisados antes de seus lançamentos nas águas receptoras.

Os efluentes (industrial, urbano, naval ou portuário), mesmo que tratados, somente devem ser lançados nas águas receptoras se estiverem com composição que esteja em conformidade com as legislações que regem lançamento de efluentes. Além disso, os efluentes lançados no estuário não podem fazer com que a qualidade das águas receptoras fiquem em desconformidade com os limites de concentrações estabelecidos para a Classe a qual esta água foi classificada.

Esse tipo de mapeamento georreferenciado de margem, se for feito com constante atualização, é uma estratégia de gestão de águas. Por isso, essa metodologia é também recomendada como adequada para ser efetivada em outros ambientes aquáticos do território nacional com ocupação de margens, com vistas a ações de gestão dos mesmos.

A atualização frequente desse tipo de mapeamento permite uma avaliação da **efetividade de algumas ações** oficiais que foram, são, serão ou deverão ser adotadas para sanar o problema de lançamentos dos efluentes contaminados e/ou clandestinos. Portanto, este tipo de mapeamento permite avaliar a evolução da contaminação, favorecendo ações que culminem com a manutenção dos níveis de conformidade da qualidade das águas receptoras de efluentes lançados.

À exemplo do constatado nas margens de Rio Grande, o problema de lançamentos de efluentes contaminados se agrava em áreas sem suprimento de rede de coleta de esgotos ou em áreas com indústrias instaladas sem uma Estação de Tratamento de Esgotos, quando predominam as emissões clandestinas. Isso é uma questão de gestão de saneamento básico a

ser resolvido pelos órgãos públicos locais.

Por fim, a necessidade de ações para o controle da qualidade das águas e dos efluentes está previsto claramente nas diferentes legislações ambientais, apresentadas como anexos nesse e-book. Portanto, é uma questão de “cumprir a lei”. Ou seja, as legislações existem para serem cumpridas rigorosamente. **Como conclusão final, cabe aqui repetir parte da interessante conclusão apresentada no relatório da FEPAM (2020), sendo:**

“Uma efetiva melhora de qualidade da água passa, entre outros, pelos seguintes pontos:

- 1) execução de ações de controle ambiental de fontes poluidoras;
- 2) monitoramento contínuo de estações (locais de coleta) e de parâmetros analíticos que apresentem condições mais restritivas aos usos nobres;
- 3) gestão do território, capaz de predizer os tipos de uso e ocupação permitidos nos distintos setores da bacia hidrográfica; e,
- 4) implementação de ações que garantam a segurança hídrica”.

“Para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos, se faz necessário integrá-la com o planejamento de uso e ocupação territorial. O atingimento de metas de enquadramento da qualidade da água depende da efetivação de ações a serem implementadas, conjuntamente, entre setores usuários e poder público, responsáveis por executar ações previstas em ferramentas de gestão, tais como Plano Diretor, Plano de Saneamento Básico Municipal, Plano de Resíduos Sólidos e, especialmente, Plano de Recursos Hídricos”.

Com base em tudo que foi acima exposto, particularmente no caso das águas do estuário da Laguna dos Patos, pelas suas importâncias ecológicas, sociais, biológicas e, principalmente pela qualidade de vida da comunidade que existe na região, é necessário a busca urgente de ações como:

- a classificação das águas ao norte do estuário;
- a atualização e a otimização da classificação das águas da parte sul deste estuário;
- a efetivação e a aprovação atual do processo de enquadramento do mesmo.

A necessidades destas ações é embasada pela informação obtida pelas autoras do presente e-book, diretamente com a direção da **Divisão de Planejamento Ambiental (DPA) da FEPAM** (e-mail a nós enviado em abril de 2020, literalmente reproduzidos), de que:

**”O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo, a qual este estuário pertence, ainda não foi concluído (fase A, ou diagnóstico, não concluída).** Somente após a publicação da Resolução aprovando o enquadramento deste estuário, por parte do Conselho de Recursos Hídricos (CRH), é que será possível **verificar o cumprimento das metas intermediárias vinculadas ao processo do enquadramento do estuário da Laguna dos Patos.**”

**Além disso, a DPA da FEPAM informou via e-mail para as autoras desse e-book que:**

“Atualmente existe uma série de alterações que afetaram o processo de validação do pretendido enquadramento de recursos hídricos do sul do estuário da Laguna dos Patos, desde que foram publicadas a Norma Técnica nº 03/1995 e a Portaria SSMA nº 07/1995.

Estas se referem a forma e ao conteúdo de estudos que resultam no enquadramento em classes de uso (Plano de Recursos Hídricos (PRH) em três fases: **A - diagnóstico, B - prognóstico e enquadramento e C - plano de ações**); a legislação que atualiza as diretrizes ambientais para enquadramento de corpos de água e estabelece novos padrões de qualidade (CONAMA nº 357/2005) e a reorganização do papel dos órgãos que compõem o SERH-RS. Atualmente, a

FEPAM atua como órgão do estado (RS) para o acompanhamento da elaboração dos Planos e, conseqüentemente, não define classes de enquadramento. O DRH/SEMA (Departamento de Recursos Hídricos/Secretaria Especial do Meio Ambiente) passou a ser o gestor do processo de elaboração dos Planos de Bacia”.

#### **A DPA continua informando na sua mensagem via e-mail que:**

“Atualmente, o enquadramento de recursos hídricos é definido pela sociedade durante a elaboração da **fase B do Plano (acima referida)**. O enquadramento (horizonte de longo prazo) e as metas intermediárias (curto e médio prazos) até o seu atingimento é definido, basicamente, com base no diagnóstico da qualidade atual (duas campanhas novas, onde não houver monitoramento sistemático do órgão ambiental), os usos pretendidos, as ações que permitam seu atingimento e suas fontes de financiamento”.

Portanto, fica explicitada a complexidade do processo como um todo. Além de consolidar e atualizar a classificação, é necessário o fortalecimento de um “Sistema de Gestão da Qualidade das Águas”, que trate de questões como a **consolidação e a efetivação do Enquadramento (planejamento)** e o **Controle (licenciamento e fiscalização)**. É necessária também, a consolidação de quais são as metas importantes a serem cumpridas, a partir dos usos desejados e dos impactos a serem controlados nas águas classificadas a serem enquadradas. As metas progressivas para atingir as propostas do enquadramento são estabelecidas de acordo com o estado de degradação das águas enquadradas e a capacidade de investimento para o processo de enquadramento.

(fonte:site: [http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7498/apresentacao-monica-porto-sma-coordrh\\_mai08.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7498/apresentacao-monica-porto-sma-coordrh_mai08.pdf)).

Por fim, a conclusão que se apresenta, embasada pelas abordagens acima apresentadas, é que  **muito ainda tem que ser feito para que sejam concretizadas a atualização da classificação, a efetivação e a aprovação atual do enquadramento do estuário da Laguna dos Patos na sua integralidade.**

**Mas, mesmo diante de todos obstáculos políticos/burocráticos/científicos/ideológicos e sociais que envolvem os processos de classificação e da consolidação do enquadramento de um recurso hídrico, é necessário que não se abra mão da aspiração e da luta para que qualquer recurso hídrico, não somente o estuário da Laguna dos Patos, seja rigorosamente cuidado, fiscalizado, preservado, RESPEITADO.**

## **6 – GLOSSÁRIO**

### **A**

- Abiótico: é o componente não-vivo do meio ambiente. Inclui as condições físicas e químicas do meio.
- Ácido: segundo Arrhenius, é um composto que contém hidrogênio e dissocia em água para produzir e liberar um íon hidrogênio positivo ( $H^+$ ) ou hidrônio.

- Adsorção: agregação (colagem, retenção) de uma substância gasosa ou líquida ou de íons à superfície de um sólido.
- Aeração: ventilação, intercâmbio com a atmosfera.
- Aeróbio (aeróbico): ser ou organismo que vive, cresce ou metaboliza apenas em presença de oxigênio livre.
- Agentes poluentes: resíduos tóxicos capazes de alterar as propriedades físico-químicas e biológicas do ambiente, trazendo prejuízos à saúde, segurança e bem-estar do homem, comprometendo a flora e a fauna e a utilização do meio ambiente para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos, residenciais, etc. Podem se apresentar sob a forma de partículas sólidas (fuligem, cinzas, poeira, metais), gases (gás carbônico, monóxido de carbono, dióxido de enxofre) e líquidos (esgotos domésticos e industriais).
- Água bruta: água de uma fonte de abastecimento, antes de receber qualquer tratamento.
- Água costeira: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Água de transição: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Água desinfetada: água isenta de micro-organismos patogênicos.
- Água doce, salobra e água salina: descrições nos Anexos 1 (Artigo 1) e 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Água dura: água rica em sais de cálcio e magnésio.
- Água industrial: água que é utilizada exclusivamente em processamento industrial.
- Água interior: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Água intersticial: água que ocupa os interstícios dos grãos do substrato de um ambiente aquático. É considerada o vetor de transporte de compostos químicos dissolvidos entre a coluna da água e o substrato sedimentar.
- Água poluída: apresenta forte cheiro pela presença de substâncias químicas e detritos orgânicos, de coloração variada e com algum gosto, imprópria para o consumo.
- Água potável: descrição no Anexo 5.
- Água residuária: qualquer despejo ou resíduo líquido com potencialidade de causar poluição.
- Água salgada (salina): contém grande quantidade de sais minerais, sendo a salinidade (principalmente cloreto de sódio) igual ou superior a 30.
- Água salobra: água com salinidade variando entre 0,5 e 30.
- Água subterrânea: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Água superficial: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Alíquota: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Algas: são formas simples de vegetais, marinhos ou de águas doces ou salobras, que contém pigmentos fotossintéticos.
- Alterações antrópicas: mudanças feitas pela ação do homem, voluntária ou

involuntariamente, direta ou indiretamente, exemplo: lançamento de efluentes sem tratamento em um meio aquático.

- Alterações biológicas: modificações feitas em um determinado ambiente pela ação da biota.
- Ambientes lântico e lótico: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Aminoácido: composto orgânico hidrossolúvel que possui um grupo carboxila (-COOH) e um grupo amino (-NH<sub>2</sub>), este último, geralmente, ligado ao átomo de carbono. Os aminoácidos são as unidades estruturais das proteínas.
- Amônia: gás incolor, NH<sub>3</sub>, com um forte odor irritante (amoníaco).
- Amostragens composta e simples: descrições no Anexo 6 (Artigo 2).
- Anaeróbio: micro-organismo cujo metabolismo exclui o consumo de oxigênio livre, molecular, gasoso.
- Ânion: íon de carga negativa.
- Antropogênico: de origem humana.
- Área de proteção ambiental: tipo de unidade de conservação, também conhecida por APA. Seu objetivo geral é conservar a diversidade de ambientes, de espécies, de processos naturais e do patrimônio cultural, visando a melhoria da qualidade de vida, através da manutenção das atividades sócio-econômicas da região. Esta proposta deve envolver necessariamente um trabalho de gestão integrada com participação do Poder Público e dos diversos setores públicos ou privados da comunidade. É determinada por decreto federal, estadual ou municipal, para que nela seja discriminado o uso do solo e evitada a degradação nos ecossistemas sob interferência humana.
- Arroio: denominação dada aos pequenos rios no sul do Brasil. Corresponde aos igarapés da região amazônica.
- Autótrofos: seres vivos, como as plantas, que produzem seus próprios alimentos à custa de energia solar, do gás carbônico do ar e da água do solo.
- Avaliação de impactos ambientais (AIA) ou Estudo de impactos ambientais (EIA): a AIA surgiu nos EUA na década de 70 e consiste na avaliação de todos os efeitos ambientais e sociais relevantes que podem surgir de um projeto de desenvolvimento. O estudo da AIA deve incluir o diagnóstico ambiental, a análise dos impactos, a definição de ações mitigadoras dos impactos negativos e a elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos. EIA é a sigla do termo Environment Impact Assessment, que significa Avaliação dos Impactos Ambientais, também chamado de Estudos de Impactos Ambientais. Esses estudos geram um relatório de impacto ambiental (RIMA).

## B

- Base: composto químico que libera íons hidroxila (OH)<sup>-</sup>, quando dissolvido em água. As bases, quando se juntam aos ácidos, formam sais neutros.

- Bioacumular: acumular durante a vida.
- Biodiversidade: representa o conjunto de espécies animais e vegetais viventes. Um dos maiores problemas resultantes dos impactos ambientais é a ameaça à biodiversidade.
- Biodegradação: decomposição feita pela ação da biota.
- Biomassa: volume ou massa total de todos os organismos viventes de uma zona particular (tanque de cultivo, por exemplo).
- Biota: conjunto de seres vivos que habitam um determinado ambiente ecológico, em estreita correspondência com as características físicas, químicas e biológicas deste ambiente.
- Biótico: relativo ou pertencente à vida.

## C

- Carbamatos: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Carboidrato: composto orgânico que contém os elementos carbono, hidrogênio e oxigênio. Os carboidratos são essenciais no metabolismo de todos os seres vivos.
- Carga elétrica: é a quantidade de eletricidade que passa por um condutor.
- Carga lançada: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Carga poluidora: descrições no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Catabolismo: conjunto de reações químicas que ocorre no interior da células vivas, destinadas a converter certas substâncias em outras mais simples, com liberação de energia.
- Catalisador: substância que altera a velocidade em que uma reação química ocorre, sem entretanto sofrer modificação ao final da reação.
- Cátion: íon carregado positivamente.
- Cianobactéria: descrições no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Cianotoxina: são toxinas produzidas por algumas espécies de cianobactérias em água doce ou salgada. Essas substâncias tóxicas ficam armazenadas no citosol da célula, sendo liberadas caso ocorra lise celular. São classificadas como hepatotoxinas (microcistina e nodularina), neurotoxinas (anatoxina-a, anatoxina-as, homoanatoxina-a e saxitoxina), citotoxinas (cilindrospermopsina) e dermatoxinas (lingbiatoxina).
- Cilindrospermopsina: é um alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos.
- Classe de qualidade num enquadramento: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Classificação: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Coliformes fecais: descrição no Anexo 1 (Artigo 1).
- Coliformes totais: são grupos de bactérias indicadoras de contaminação, não necessariamente por fezes, mas incluem as bactérias fecais. Podem estar presentes em ambientes com aportes de matéria orgânica. As bactérias do grupo coliformes são largamente

utilizadas na avaliação da qualidade das águas, servindo de parâmetro microbiológico básico às leis de consumo criadas pelos governos e empresas fornecedoras que se utilizam desse número para garantir a qualidade da água para o consumo humano. Compõem os grupos de bactérias gram-negativas que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas (isto dependerá do ambiente e da bactéria), não originam esporos e fermentam a lactose, produzindo ácido e gás à 35/37°C.

- Coliformes termotolerantes (ou fecais): descrições nos Anexos 6 (Artigo 2) e 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Colóides: formam compostos gelatinosos. Uma substância está no estado coloidal, quando se apresenta na forma de uma dispersão, na qual as partículas (colóides ou micelas, que é o conjunto de vários colóides) são compreendidas entre 1 e 100 milimicrons de diâmetro. Colóide não se cristaliza, ou se cristaliza muito dificilmente e, geralmente isso acontece com a ajuda de floculantes, que neutralizam suas cargas elétricas superficiais, as quais mantêm os colóides em solução, devido a força de repulsão entre os colóides. Em dissolução, se difundem com lentidão extrema, formando a solução coloidal, turva. Portanto, os colóides não são classificados quimicamente como dissolvidos nem em suspensão.
- Coluna sedimentar: conjunto das camadas de sedimentos sobrepostas, que podem ter diversos tipos de texturas (húmus, areia, silte e argila), que formam um substrato. No caso de ambientes aquáticos, formam o fundo.
- Combustão: reação química em que uma substância reage rapidamente com oxigênio, produzindo calor, luz e chama.
- Composto: substância formada pela combinação de elementos químicos em proporções definidas.
- Composto insaturado: composto químico orgânico que possui uma ligação dupla ou tripla em sua estrutura.
- Compostos organoclorados e organofosforados: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Composto organometálico: aquele no qual um átomo de carbono da molécula está diretamente ligado a um átomo de metal.
- Condição de qualidade e condição de lançamento: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Condução: transporte, transmissão.
- Convecção: processo de transmissão de calor que é acompanhado por um transporte de massa efetuado pelas correntes que se formam no seio do fluido. Ou processo pelo qual, nos líquidos e nos gases, o calor é transferido de um ponto para outro.
- Corpo receptor: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Corrosão: quimicamente designa o ataque dos metais pelo ar úmido ou pela água, oxigênio ou ácidos fracos, os sais (em especial cloretos), o anidrido sulfuroso. É o ataque

químico ou eletroquímico sobre a superfície de um metal. O aparecimento de ferrugem é auxiliado pela presença de ar e de água, e, quando surge, prossegue rapidamente. Ato ou efeito químico de consumir-se, gastar-se.

- Cromagem: revestimento com camada do elemento químico cromo (Cr).

## D

- Decantação: separação de dois líquidos não-miscíveis, possível devido à diferença de densidades, ou separação de um precipitado, ou resíduo insolúvel, do líquido que o contém.
- Decomposição bioquímica: redução a elementos simples através de reações bioquímicas realizadas por organismos, geralmente microdecompositores.
- Decompositores: organismos que transformam a matéria orgânica morta em matéria ou compostos inorgânicos simples, passíveis de serem reutilizados pela biota, como é o caso de fitonutrientes nitrogenados e fosfatados. Compreendem fungos e bactérias específicas e alguns vermes.
- Degradação: tipo de reação orgânica, em estágios, em que um composto é convertido em um composto mais simples.
- Demanda: procura, busca, consumo.

## E

- Ecosistema: conjunto integrado de fatores físicos, químicos e bióticos que caracterizam um determinado lugar, estendendo-se por um determinado espaço de dimensões variáveis.
- Efeito tóxico agudo e efeito tóxico crônico: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Efetivação do enquadramento: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Efluentes: águas usadas descarregadas por uma cidade ou indústria. Descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Emissário submarino: descrição no Anexo 4.
- Enquadramento: descrição no Anexo 3 (Capítulo 1).
- Ensaio de toxicidade: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Enzima: proteína catalisadora produzida no interior de um organismo vivo, que acelera reações químicas específicas (exemplo: amilase, catalase, etc.).
- Enterococcus: descrição no Anexo 1 (Artigo 1).
- Escherichia coli: descrições nos Anexos 1 (Artigo 1), 6 (Artigo 2), 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Estuários: regiões onde os rios desembocam no oceano. São áreas nas quais a água doce e a do mar têm influências mútuas e onde há intercâmbio de águas continentais com marinhas/costeiras. Os rios trazem grandes quantidades de nutrientes (maior trofia), provenientes da erosão das rochas, dos solos e da decomposição de seres vivos e aportes antrópicos. Os oceanos tem altas concentrações de sais, mas suas águas naturais são mais

oligotróficas. No estuário, onde ocorre a mistura das da água doce continental e da água do oceano, a água fica salobra, com salinidade intermediária.

- Eutrofização: processo de eutrofia ou boa nutrição. 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 micro-organismos 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 o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), com odor parecido ao de ovos podres (distrofia).

## F

- Fauna: conjunto de animais que habitam determinada região.
- Fertilizante: toda substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes às plantas.
- Ferrugem: quimicamente, a ferrugem é uma mistura variável de hidróxido de ferro e óxido férrico, que tem aspecto de um pó avermelhado na superfície do ferro exposto ao oxigênio do ar e à água.
- Fitoplâncton: conjunto de plantas microscópicas flutuantes de um ecossistema aquático.
- Flora: totalidade das espécies vegetais que compreende à vegetação de uma determinada região.
- Floração: descrição no Anexo 1 (Artigo 1).
- Fotossíntese: síntese da matéria orgânica nas plantas clorofiladas (cor verde), sob a influência da luz solar e absorção de  $CO_2$  e liberação de  $O_2$ .

## H

- Habitat: local que corresponde a um dado ambiente e onde vive uma espécie ou um conjunto de espécies.
- Herbicida: qualquer agente, geralmente químico, que é usado para controlar ou destruir ervas daninhas.
- Heterólise: Quebra de uma ligação química de um composto onde se formam íons de cargas opostas.
- Heterótrofos: organismos que se alimentam de materiais orgânicos formados por outros organismos, obtendo, assim, energia e moléculas essenciais (animais, protozoários, fungos)
- Hexavalente: que tem seis valências químicas.
- Hidratação: adição de moléculas de água a outras moléculas neutras ou a íons. Reação de decomposição química de uma substância pela ação da água.
- Hidrólise: decomposição de uma molécula por ação de água. As enzimas que atuam

cataliticamente nesse processo denominam-se hidrolases.

- Hidratos: compostos químicos formados por uma molécula de uma substância a que se fixaram uma ou mais moléculas de água.
- Homólise: quebra de uma ligação química de um composto, com a formação de radicais livres.

## I

- Ignição: estado de combustão.
- Inseticida: produto químico utilizado para exterminar insetos.
- Intersticial: relativo ao interstício de grãos.
- Interstício: intervalo, fenda, espaço entre grãos.
- Intoxicação: envenenamento ou desordem orgânica, em geral resultante da ingestão de alimentos contaminados por bactérias ou substâncias tóxicas.
- Íon: é um átomo cuja camada periférica perdeu um ou vários elétrons (íon positivo), ou os recebeu (íon negativo).
- Isóbata: descrição no Anexo 1 (Artigo 1).

## L

- Laguna: depressão de formas variadas (principalmente tendendo a circulares) de profundidade pequena e cheia de água doce ou salgada.
- Laguna: massa de água pouco profunda, ligada ao mar por um canal pequeno e raso.
- Letal: mortal.

## M

- Meta: descrição no Anexo 3 (Capítulo 1).
- Metabolismo: conjunto de fenômenos de elaboração de energia. Transformações químicas pelas quais os alimentos são convertidos em componentes do organismo, ou consumidos como combustível.
- Metaemoglobina: forma oxidada da molécula de hemoglobina devido à ação do nitrito. O átomo de ferro passa da forma ferrosa ( $Fe^{2+}$ ) para férrica ( $Fe^{3+}$ ).
- Metais pesados: metais que são comumente utilizados na indústria e podem, se presentes em elevadas concentrações, retardar ou inibir o processo biológico aeróbico ou anaeróbico e ser tóxicos aos organismos vivos.
- Mineral: massa inorgânica natural, de composição química definida, com um ou vários tipos de cristalização.
- Mistura: sistema de duas ou mais substâncias químicas distintas, que podem ser separadas por meios físicos ou mecânicos.
- Molécula: unidade fundamental que forma um composto químico.
- Monitoramento: descrições nos Anexo 6 (Artigo 2) e 2 (Capítulo 1, artigo 2).

## N

- Nefelométrica: relativa à técnica de análise quantitativa de soluções coloidais ou em suspensão, baseada na luz difundida ao atravessá-las.
- Necrose: morte de células ou tecidos. Gangrena.
- Nitrificação: transformação (amoníaco ou sais amoniacais) em nitritos e depois em nitratos (oxidação). Pode ser microbiológica, fotoquímica e eletroquímica.
- Nível trófico: descrição no Anexo 4 (Capítulo 1, artigo 1).

## O

- ONGs: sigla de organizações não-governamentais. São movimentos da sociedade civil, independentes que atuam na área da ecologia, conservação de preservação da natureza.
- Organismos aeróbios: seres vivos que utilizam o oxigênio livre do meio ambiente para converter os compostos orgânicos em dióxido de carbono e água, com liberação de energia (calor). A respiração destes organismos só ocorre em presença de oxigênio livre.
- Organismos anaeróbios: seres vivos que realizam a respiração em ausência de oxigênio livre. Organismo que somente crescem ou que metabolizam os compostos orgânicos, em ausência do oxigênio molecular livre.
- Organismos patogênicos: micro-organismos que podem causar doenças.
- Organismo teste: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Osmose: processo mediante o qual a água passa através de uma membrana semipermeável, de uma solução com baixo gradiente de concentração de sais para outra com alto gradiente de concentração, diluindo-a.
- Oligoelementos: substâncias minerais que só são utilizadas em pequenas quantidades pelo organismo do homem, dos animais e das plantas. Estão presentes, em geral amplamente difundidos, no solo e na alimentação. A carência total dessas substâncias provoca perturbações fisiológicas graves.
- Oxidação: processo de combinação de uma substância com o oxigênio, ou seu equivalente químico, causando mudanças em minerais, rochas e solos. Ex.: criação de ferrugem.
- Óxido: diz-se das combinações do oxigênio com elementos eletropositivos e dos compostos de metalóide e oxigênio, incapazes de se unirem com a água para dar origem a ácidos.

## P

- Padrão: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Parâmetro: todo elemento cuja variação de valor (concentração) modifica a solução de um problema sem lhe modificar a natureza.
- Peso molecular (PM): razão entre a massa média por molécula de composição isotópica específica de uma substância e 1/12 da massa do átomo de carbono-12.
- Pesticida: qualquer agente, geralmente químico, que se usa para controlar e destruir pragas.

- Plâncton: qualquer organismo, geralmente microscópico, que flutua livremente num meio aquático e, para sua distribuição, depende das correntes de água.
- Poluentes de esgoto: detritos domésticos brutos.
- Poluentes industriais: inúmeros materiais sólidos, líquidos e/ou gasosos nocivos à saúde, lançados pelas indústrias nas águas e no solo.
- Poluentes naturais: detritos físicos naturais dos seres vivos e a própria matéria orgânica em decomposição, que, lançados ao solo, podem poluir os lençóis d'água, além de contaminar o solo com ovos, larvas e vermes.
- Poluentes termais: excesso de calor de usinas nucleares e fábricas, descarregado em riachos, lagos ou rios.
- Portaria: ato administrativo pelo qual as autoridades de qualquer escalão de comando, desde que inferiores ao chefe do Poder Executivo, expedem orientações gerais ou especiais sobre a aplicação de leis ou regulamentos, ou ainda questões relacionadas à atuação dos servidores públicos.
- Precipitado: substância insolúvel que se encontra no fundo do recipiente e que foi destacada do solvente pela adição de um reagente ou solução (precipitante).
- Processo cinético: processo que envolve a velocidade de uma reação química.
- Produtores primários: são os organismos, basicamente do reino vegetal, que realizam a fotossíntese. São a base da cadeia alimentar, sendo, então, consumidos pelos herbívoros (consumidores primários).
- Proteína: cada uma das substâncias de elevada massa molecular, compostas de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e, às vezes, também de enxofre e fósforo, e que são os elementos essenciais de todas as células dos seres vivos.
- Próton: formando a parte mais importante dos núcleos atômicos, junto com os nêutrons, o próton é uma partícula nuclear de carga elétrica positiva, cerca de 1837 vezes mais pesado que o elétron.

## Q

- Química: ciência, que se dedica ao estudo da matéria. Analisa a composição das suas diversas formas e dos seus elementos, a sua origem e decomposição, as relações entre as múltiplas formas de matéria e suas transformações, e as leis que as regem. A química é estreitamente ligada à física.

## R

- Radiação: qualquer dos processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, ou por meio de partículas dotadas de energia cinética.
- Radical livre: átomo ou grupo de átomos que possui um elétron desemparelhado.

- Reação química: uma mudança em que um ou mais elementos químicos ou compostos formam novos compostos.
- Recreação de contato primário: descrições nos Anexos 1 (Artigo 1) e 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Redução: reação na qual uma substância ganha elétrons, ou recebe hidrogênio, ou ainda é privada de oxigênio.
- Resíduo sólido: materiais ou restos de materiais cujo proprietário ou produtor não mais considera com valor suficiente para conservá-los. Alguns tipos de resíduos são considerados altamente perigosos e requerem cuidados especiais, quanto à coleta, transporte e destino final, pois apresentam substancial periculosidade, ou potencial, à saúde humana e aos organismos vivos.
- Resíduos industriais: são os resíduos sólidos e semi-sólidos resultantes do processamento industrial, assim como determinados resíduos líquidos oriundos do mesmo processamento que, por suas características peculiares, não podem ser lançados na rede de esgoto ou em corpos de água e não são passíveis de tratamento pelos métodos convencionais. Incluem-se também os lodos provenientes das estações de tratamento de efluentes.
- Resolução: a mesma tem força de lei. É a fórmula de que se valem os órgãos colegiados para manifestar suas deliberações em assuntos da respectiva competência ou para dispor sobre seu próprio funcionamento.

## S

- Saturação: quando a absorção ou a adição atinge o limite de capacidade de suporte de um meio.
- Saxitoxina: é conhecida pela sigla STX é um poderoso anestésico local, produzida por dinoflagelados marinhos e cianobactérias. STX é uma neurotoxina que está sendo estudada para o uso em pós-operatórios cirúrgicos para uma ação prolongada de até uma semana. Fórmula:  $C_{10}H_{17}N_7O_4$ .
- Sedimentação: processo de decomposição, pela gravidade, de material suspenso, levado pela água, água residuária ou outros líquidos. É obtida, normalmente, pela redução da velocidade do líquido abaixo do ponto a partir do qual pode transportar o material suspenso. Também chamada de decantação.
- Sedimento: depósito formado por materiais que estavam em suspensão num líquido.
- Seres consumidores: seres, como os animais, que precisam do alimento armazenado nos seres produtores.
- Seres decompositores: seres consumidores que se alimentam de detritos dos organismos mortos.
- Sinergismo: potencialização. Situação caracterizada pelo aumento do efeito de uma substância ou fator físico, quando está presente no meio outra substância ou fator físico diferente.
- Solubilidade: propriedade de uma substância que forma solução com outra. Medida da capacidade que uma substância tem de se dissolver em outra, sobretudo na água.

- Solvente orgânico: composto químico de origem orgânica, que pode ser ou dissolver um outro composto ou elemento químico. Orgânico refere-se a compostos de carbono.
- Supersaturação de gases: fenômeno no qual é registrado um excesso de oxigênio ou nitrogênio dissolvido na água. A supersaturação dos gases provoca o quadro patológico conhecido como “doença das borbulhas”.

## T

- Tratamentos secundário, avançado, convencional e simplificado: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Toxicidade: caráter do que é tóxico, valor em quilogramas da quantidade de uma substância necessária para matar um animal. Descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Tributário: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Trófico: relativo a nutrição.

## U

- Ultravioleta: radiação eletromagnética que possui comprimento de onda entre a luz visível e os raios-X.

## V

- Valência: número de ligações que um átomo ou um radical pode efetuar com outros átomos, ou outros radicais, sob forma estável, para constituir uma molécula ou outro radical.
- Vazão do efluente: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Vazão de referência: descrição no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Vitualmente ausente: descrição no Anexo 6 (Artigo 2).
- Volatilização: transformação em vapor ou em gás.

## Z

- Zona de mistura: descrições no Anexo 2 (Capítulo 1, artigo 2).
- Zooplâncton: organismos animais, geralmente microscópicos, que se mantêm flutuando ou nadando na coluna de água (microcrustáceos e larvas de peixes e camarões).

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, V.D. *Water and wastewater examination manual*. Michigan:Lewis Publishers, Michigan. 1990. 247 p.
- AGUIAR, V.F.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; RODRIGUES, H. Identificação e diagnóstico dos locais de lançamento de efluentes líquidos nas margens da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande – RS). Resumo expandido. Anais do Congresso Brasileiro de Oceanografia. Itajáí. Santa Catarina. UNIVALI. AOCEANO. 2014.
- ALMEIDA, M.T.A.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; RODRIGUES, R.M. *Identificação das possíveis fontes de contaminação das águas que margeiam a cidade do Rio Grande, RS*. Rio Grande: Série Documentos Técnicos Oceanografia, número 6. Ed. da FURG. 1993. 33 p.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Centre National pour L’Exploitation des Océans. CNEXO, BNDO Documentation. 1983. 395 p.
- ANA (AGÊNCIA NACIONAL de ÁGUAS). “Portal Qualidade de Águas”. Site: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. Superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos. MMA. Brasília. Consulta: maio de 2020.
- ANA (AGÊNCIA NACIONAL de ÁGUAS). “Portal Qualidade de Águas”. Site: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx>. MMA. Brasília. Consulta: maio de 2020.
- ANA (AGÊNCIA NACIONAL de ÁGUAS). Panorama do enquadramento dos corpos d’água do Brasil. Caderno de Recursos Hídricos, 5) coordenação geral, João Gilberto Lotufo Conejo. Coordenação executiva, Marcelo Pires da Costa. MMA. Brasília. 2007.124 p.
- APHA (American Public Health Association). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 12th. ed. Washington, DC. 2005. 1274 p.
- ASMUS, M.L. A planície costeira e a Laguna dos Patos. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello J.P. Ed(s). *Os ecossistemas marinho e costeiro do extremo sul do Brasil*. Editora Ecocientia, Rio Grande, Cap 3, p.: 9-12. 1998.
- BARBOSA, F.; WALLNER-KERSANACH, M. & BAUMGARTEN, M.G.Z. Metais traço nas águas do estuário da Laguna dos Patos. *Brasil. J. Aquat. Tec.*, 16 (2): p. 27-36. 2012.
- BARSA, ENCICLOPÉDIA. Rio de Janeiro: São Paulo: Enciclopédia Britânica do Brasil, volumes 10, 14 e 15.1993.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. *Avaliação do Balanus improvisus como indicador dos níveis metálicos do Estuário da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – FURG. 1987. 155 p.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; NIENCHESKI, L.F.; KUROSHIMA, K.N. Qualidade das águas estuarinas que margeiam o município do Rio Grande, RS: nutrientes e detergentes dissolvidos. *Atlântica*, Rio Grande, FURG, n. 17, p.: 17-34. 1995.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; NIENCHESKI, L.F.H. Avaliação da qualidade hidroquímica da área portuária da cidade do Rio Grande. Série Documentos Técnicos-Oceanografia. Número 9. Editora da FURG. Rio Grande. 1998. 67 p.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; POZZA, S.A. Qualidade de águas: descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Primeira edição impressa. Editora da FURG. Rio Grande. 2001. 164 p.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; NIENCHESKI, L.F.H.; VEECK, L. Nutrientes na coluna da água e na água intersticial de sedimentos de uma enseada rasa estuarina com aportes de origem antrópica (RS). *Revista Atlântica*, 23 (1). FURG. Rio Grande. p.: 101-116. 2001.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; NIENCHESKI, L.F.H; MARTINS, B.A. Saco do Justino (RS/Brasil): Amônio e Fosfato na coluna da água e na água intersticial de uma enseada não contaminada. *Revista Atlântica*, 27 (2): p.:113-129. Editora da FURG. Rio Grande. 2005.

- BAUMGARTEN, M.G.Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L.F.H. *Manual de Análises em Oceanografia Química*. Segunda edição. Ed. da FURG. Rio Grande. 2010. 174 p.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. A eutrofização das águas de uma enseada do estuário da Laguna dos Patos (RS) protegida pela legislação ambiental. *FEPAM em Revista*, 3 (2): p.: 34-42. Porto Alegre. 2010.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; PAIXÃO, B.E.G. Uso do Índice do Estado Trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da Laguna dos Patos (RS). *Revista Atlântica*, 35(1). p.: 5-22. Editora da FURG. Rio Grande. 2013.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; AGUIAR, V.F.; ALMEIDA, L. Porto do Rio Grande (estuário da Laguna dos Patos-RS): identificação e caracterização dos locais de lançamento de efluentes líquidos nas margens. Segundo Lugar Prêmio ANTAQ 2017 – Sustentabilidade Aquaviária. Categoria Artigo Técnico-Científico–Ministério dos Transportes do Brasil. Disponível: <https://leoquim.furg.br/images/arquivos/artigos/portodorio.pdf>. 2017.
- BLUMER, M. *Oil contamination and the living resources of the sea*. Food and Agriculture Organization Tech. Conf. Rome. FIR: MP/70/r-1.1970. 11 p.
- BOYD, C. *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn, Alabama: Birmingham Publishing, 1990. 482 p.
- BOYD, C. *Water quality in warmwater fish ponds*. Opelika, Alabama: Agricultural Experiment Station, Auburn University. 1979. 359 p.
- BUIKEMA, A.L.Jr.; Mc GINNIS, M.J.; CAIRNS, J.Jr. Phenolics in aquatic ecosystems: a selected review of recent literature. *Marine Environm, Res.* (2). p.: 87-181. USA. 1979.
- BURTON, J.D.; LISS, P.S. *Estuarine chemistry*. London: Academic Press. 1976. 229 p.
- CAMPBELL, J. Nitrogen excretion. In: PROSSER, C.L. (ed.) *Comparative animal physiology*. Philadelphia: W. B. Saunders. p.: 279-316. 1973.
- CARMOUZE, J.P. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudos e análises químicas*. São Paulo: Edgard Blucher: FAPESP. 1994. 254 p.
- COELHO, L.F.S. *Química analítica qualitativa*. Pelotas: Escola Técnica Federal de Pelotas. Polígrafo do Curso Técnico em Química. 1990. 75 p.
- COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Valores e Referência. Toxicidade para a saúde humana: Aldrin, Dieldrin, Endrin. Gov. de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2008. 102 p.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA/RS). Resolução nº 355, de 13/07/2017. Secretaria do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável. Publicado no DOE – RS em 19/07. 2017.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 20, de 30 de julho. Publicação no DOU, artigos 10, 20 e 21. 1986.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 18 de março. Revoga a Resolução nº 20 de 1986. Publicação no DOU nº 53, 18 /03. p.: 58-63. 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 410, de 4 de maio. Altera o artigo 44 da Resolução nº 357 do CONAMA (2005) e o artigo 3 da Resolução nº 397/208. Publicação DOU nº 83, p.: 106. 2009.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio. Complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre as condicionantes e padrões de lançamento de efluentes. Publicação DOU nº 92, de 16/05, p.: 89. 2011.
- CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). Resolução nº 91, de 05 de novembro. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Publicada no D.O.U. em 06/02. 2009.
- COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRO (CSSB): estrutura, função e manejo, 2. *Anais. Águas*

de Lindóia, v. 2, p.: 117-126. 1990.

– COSTA, L. & WALLNER-KERSANACH, M. Assessment of the labile fractions of copper and zinc in marinas and port areas in Southern Brazil. *Environ. Monit. Assess.* Vol. 185(8), p.: 6767-6781. 2014.

– COWEL, E.B.; ANDERSON, J. W. Marine environmental research. *International Journal*. England, Applied Science Publishers, v. 2. 1979.

– DAY, J.W.; HALL, C.A.S.; KEMP, W.M.; YÁÑEZ-ARANCIBIA, A. *Estuarine Ecology*. John Wiley & Sons. 1986. 558 p.

– DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUAS E ESGOTOS (DEMAE). Centro de Estudo de Saneamento Básico. *Qualidade do Rio dos Sinos*. Porto Alegre (RS), setembro. 1978.

– ENGEPLUS, ENGENHARIA e CONSULTORIA LTDA. Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Rio Grande: Caracterização do Município de Rio Grande (subproduto 2.1); Diagnóstico do Saneamento Básico (subproduto 2.2); Prognóstico de proposições de alternativas para o sistema de saneamento (produto 3). Prefeitura Municipal de Rio Grande. SMMA. 2013. 403 p.

– ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Water quality criteria for water*. Washington, D. C. 1976. 501 p.

– ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Methods for chemical analysis of water and wastes*. USEPA-600/4-79-020, Cincinnati. 1979.

– ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 602 p.

– FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER (FEPAM). Classificação das águas de uma área da parte sul do estuário da Laguna dos Patos.. Norma Técnica 003/95. Aprovada pela Portaria SSMA nº 7 de 24/05/95. Porto Alegre. *Diário Oficial: 25/05. p.: 11-12. 1995.*

– FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER (FEPAM); SOCIEDADE ALEMÃ DE COOPERAÇÃO (GTZ). *1º Encontro Nacional para Discussão sobre a Resolução nº 20 do CONAMA (1996) – Relatório Final*. Coordenação Sérgio Cordioli. 1997. 42 p.

– FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER (FEPAM). Relatório da Qualidade da Água Superficial do Estado do Rio Grande do Sul (RS). Cap. 5/item 5.2. Região hidrográfica do Litoral. Departamento de Qualidade Ambiental (DQA). Marco. 2020.

– GOYER, R.A.; CHILSON, J.J. *Metallic contaminants and human health.*, New York: London: Academic Press. 1972.

– HENKEL DO BRASIL Indústrias Químicas Ltda. *Tensoativos: princípios fundamentais e aspectos práticos*. Divisão de Química, Gerência de Desenvolvimento e Aplicações. 1979. 111 p.

– INSTITUTO TRATA BRASIL. “Como é o saneamento na sua cidade?”. Site: <https://www.painelsaneamento.org.br>. 2020.

– KANTIN, R; COSTA, N. R.; BAPTISTA, J. R.; PHILOMENA, A.L.; GIESTA, S.M.; NIENCHESKI, L.F.H. Contaminação das águas ao redor da cidade do Rio Grande: óleos e fenóis. *Ciência e Cultura*, SBPC, p.: 239-246. 1980.

– KANTIN, R. *Comportamento físico, químico e biológico do cobre em águas naturais*. Relatório Técnico. Convênio CEDIC/FURG. Rio Grande. 1981. 65 p.

– KENNISH, M.J. *Ecology os estuaries: anthropogenic effects*. Marine Science Series, CRC Press, USA. 1992. 494 p.

– LIMA, K.; BAUMGARTEN, M.G.Z. Índices de Qualidade de Água e do Estado Trófico do Arroio Bolaxa. Resumo expandido. XI Mostra de Produção Universitária (MPU). FURG. Rio Grande. 2012.

– LORENZO, M.. *Relação de nutrientes e de fatores ambientais na ocorrência de cianobactéria Aphanotece sp. ao redor da cidade do Rio Grande*. Monografia (Graduação em Oceanologia) –

FURG, Rio Grande. 1995. 68 p.

- LOWMAN, F.R. *et al. Interactions of the environmental and biological factors on the trace element on the marine environment*. Disposal of radioactive wastes into seas, oceans and surface waters. Vienne: IAEA. 1966.
- MANAHAN, S.E. *Environmental chemistry*. 6. ed. USA: Lewis. 1994. 811 p.
- MARRETO, R.N.; BAUMGARTEN, M.G.Z. & WALLNER-KERSANACH, M. Trophic quality of waters in the Patos Lagoon estuary: a comparison between its margins and the port channel located. Rio Grande, RS, Brazil. *Acta Limnologia Brasiliensia*. v. 29, p.: 8-11. 2017.
- MARTIN, J.M.; MEYBECK, M.; SALVADORI, F.; THOMAS, A. *Pollution chimique des estuaries: état actuel des connaissances*. Centre National pour L'Exploitation des Océans (CNEXO). Série Rapports Scientifiques et Techniques, 22. 1976. 283 p.
- MARTINS, G.C.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; PINHEIRO JÚNIOR, E.M. Área de proteção ambiental (APA) da Laguna Verde: qualidade das águas e dos sedimentos nas adjacências da Estação de Tratamento de Água (ETA) de Rio Grande (RS). XVII Mostra de Produção Universitária (MPU). FURG. Resumo expandido. 2018.
- MINISTÉRIO da SAÚDE (MS). Portaria nº 2914. Dez. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU nº 239 de 14/12. 2011.
- MURTY, A.S. *Toxicity of Pesticides to Fish*. CRC Press, 2 v. 1986.
- NIENCHESKI, L.F.; WINDON, H. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon Estuary. *The Science of the Total Environment*, v. 149, nº 1-2, p.: 53-60. 1994.
- NIENCHESKI, L.F.H.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; BARAJ, B. Monitoramento hidroquímico da área do Porto do Rio Grande (RS) submetida à atividades de dragagens. In: Seminário da CIRM. Brasília. Boletim Informativo, v. 12.; p.: 10-16. 2000.
- NILSSON, R. Aspects on the toxicity of cadmium and its compounds: a review. *Ecological Research Committee Bull*, Stockolm, Swedish Natural Science Research Council, v. 7. 1970. 49 p.
- OPERSAN - Soluções Ambientais. Enquadramento e Classificação dos Corpos de Águas. Blog Grupo Opersan. <http://info.opersan.com.br/topic/corpos-hídricos>. Consulta em maio de 2020. 2016.
- PARANHOS, R. *Alguns métodos para análise de água*. Rio de Janeiro. Cadernos Didáticos, UFRJ, 19. 1996. 200 p.
- PORTMAN, J.E. *Marine pollution by mining operation with particular reference to possible metal-ore mining*. Paris: INCO/UNESCO/WNO/IAEA Point Group of Expertise on the Scientific Aspects of Marine Pollution. 1970.
- ROCHA, A.J.A.; NAVES, M.A.; SOUZA, J.C. *Guia do Meio Ambiente: coletânea de temas*. Brasília: Tablóide Editora e Publicidade. 1992.
- SAWYER, C.; Mc CARTY, P. *Chemistry for Environmental Engineering*. New York: McGraw-Hill. 1978. 532 p.
- SAX, N.I. *Dangerous properties of industrial materials*. 5. ed. Litton. 1979. 1118 p.
- SECRETARIA DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA). Departamento do Meio Ambiente. *Métodos de análises físico-químicas e biológicas em águas e sedimentos*. 1990. 100 p.
- SEP/PR–SECRETARIA ESPECIAL DOS PORTOS DE PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA E UFRJ–UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Manual de boas práticas portuárias: Porto do Rio Grande. Programa de conformidade de gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos nos Portos Marítimos Brasileiros. Cap. 2: Panorama e boas práticas de efluentes líquidos. Governo Federal – PAC II. 2014. 117 p.
- SILVA, M.O. *Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos*. 1990.

- SORIA, F.L.; CHAVARRIA, J.M. *Técnicas de defensa del medio ambiente*. Barcelona: Labor, 2º v.. 1978. 1334 p.
- SPENGLER, A.; WALLNER-KERSANACH, M.; BAUMGARTEN, M.G.Z.– Rio Grande Municipal dump site impact in the estuary of the Patos Lagoon ( RS, Brazil). *Acta Limnologica Brasilensia*, 19 (2): p. 197-210. Rio Claro, Brasil. Site:[http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta19\\_vol2\\_07.pdf](http://www.ablimno.org.br/acta/pdf/acta19_vol2_07.pdf). 2007.
- SUPRG – SUPERINTENDÊNCIA DO PORTO DO RIO GRANDE. Plano de zoneamento das áreas do porto organizado de Rio Grande. Vol. 2. Site: [http://www.portoriogrande.com.br/site/estrutura\\_zoneamento\\_do\\_porto.php](http://www.portoriogrande.com.br/site/estrutura_zoneamento_do_porto.php). 2011.
- TRAIN, R.E. *Quality criteria for water*. Washington: EPA: Castle House. 1979. 255 p.
- VINATEA ARANA, L. *Princípios químicos da qualidade da água em Aquicultura*. Florianópolis: Ed. da UFSC. 1997. 166 p.
- VON SPERLING, M. *Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. Em; Introdução à qualidade das águas a ao tratamento de esgotos*. 2ª edição. 1995.
- WALLNER-KERSANACH, M.; MIRLEAN, N.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; COSTA, L.D.F.; BAISCH, B. Temporal evolution of the contamination in the southern area of the Patos Lagoon estuary, RS, Brazil. In: *Journal of Integrated Coastal Zone Management. Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 16(3), p.: 263-279. 2016.
- WARE, G.W. *The pesticide book*. 3. ed. University of Arizona/ Thomson Publications. 1989. 336 p.
- WARE, G.W. *Fundamentals of pesticides: a self-instruction guide*. 3. ed. University of Arizona/Thomson Publications, 1991. 307 p.
- WHO (World Health Organization). *Alpha and Beta-hexachlorocyclohexanes*. Geneva: World Health Organization. 1992.
- ZERO HORA, Jornal. O FIM dos 12 sujos, 11 jun. Suplemento “Eureka”, p.7. Porto Alegre (RS). 2001.

## 8 – ANEXOS

### ANEXO 1

**Ministério do Meio Ambiente (MMA/BRASIL)**  
**Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**

**Resolução nº 274 do CONAMA, de 29 de novembro 2000<sup>1</sup>.**

(Publicada no DOU nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71)

**Correlações:** Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução nº 20 do CONAMA (1986) (que foi revogada pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005)).

Define os **critérios de balneabilidade** em águas brasileiras.

O **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto na Resolução nº 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986 e em seu Regimento Interno, e:

– considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de **balneabilidade**;

– considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa dos níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade;

– considerando a necessidade de serem criados instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação aos níveis estabelecidos para a balneabilidade, de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário;

– considerando que a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Aquáticos e o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) recomendam a adoção de sistemáticas de avaliação da qualidade ambiental das águas, resolve:

**Artigo 1º:** Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- a) águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50;
- b) águas salobras: águas com salinidade entre 0,50 e 30;
- c) águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30;
- d) Coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos Coliformes totais, caracterizadas pela presença da enzima galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios

<sup>1</sup> **Fonte:** <http://www2.mma.gov.br/pott/conama/>

contendo sais biliares, ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica;

e) *Escherichia coli*: bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, caracterizada pela presença das enzimas galactosidase e glicuronidase. Cresce em meio complexo à 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais de sangue quente. É encontrada em esgotos não tratados, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente;

f) Enterococcus: bactérias do grupo dos *Streptococcus* fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado *Streptococcus* do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de água com salinidade 6,5, em pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies dos *Enterococcus* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais;

g) floração: proliferação excessiva de micro-organismos aquáticos, principalmente algas, com predominância de uma espécie, decorrente do aparecimento de condições ambientais favoráveis, podendo causar mudança na coloração da água e/ou formação de uma camada espessa na superfície;

h) isóbata: linha que une pontos de igual profundidade;

i) recreação de contato primário: quando existir o contato direto do usuário com os corpos de água como, por exemplo, as atividades de natação, esqui aquático e mergulho.

**Artigo 2º:** As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias **própria e imprópria**.

**§ 1º:** As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) **Excelente**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 Coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 *Enterococcus* por 100 mililitros;

b) **Muito Boa**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 Coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 *Enterococcus* por 100 mililitros;

c) **Satisfatória**: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 Coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 *Enterococcus* por 100 mililitros de amostra.

**§ 2º:** Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão as suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3º: Os padrões referentes aos *Enterococcus* aplicam-se somente às águas marinhas.

§ 4º: As águas serão consideradas impróprias, quando no trecho avaliado for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 Coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 *Enterococcus* por 100 mililitros de amostra;
- c) incidência elevada ou anormal, na região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) pH<6,0 ou pH>9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

§ 5º: Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios, recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.

**\*Artigo 3º:** Os trechos das praias e dos balneários serão interditados se o órgão de controle ambiental, em quaisquer das suas instâncias (municipal, estadual ou federal), constatar que a má qualidade das águas de recreação de contato primário justifica a medida.

**\*§ 1º:** Consideram-se como passíveis de interdição os trechos em que ocorram acidentes de médio e grande porte, tais como: derramamento de óleo e extravasamento de esgoto, a ocorrência de toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas ou outros organismos e, no caso de águas doces, a presença de moluscos transmissores potenciais de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.

§ 2º: A interdição e a sinalização, por qualquer um dos motivos mencionados no *caput* e no § 1º deste artigo, devem ser efetivadas, pelo órgão de controle ambiental competente.

**\* Obs.:** Retificação no DOU nº 164-E (27/08/2001, pág. 72-81).

**Artigo 4º:** Quando a deterioração da qualidade das praias ou balneários ficar caracterizada como decorrência da lavagem de vias públicas pelas águas da chuva, ou em consequência de outra causa qualquer, essa circunstância deverá ser mencionada no boletim de condição das praias e balneários, assim como qualquer outra que o órgão de controle ambiental julgar relevante.

**Artigo 5º:** A amostragem será feita, preferencialmente, nos dias de maior afluência do público às praias ou balneários, a critério do órgão de controle ambiental competente.

**Parágrafo único:** A amostragem deverá ser efetuada em local que apresentar a isóbata

de um metro e onde houver maior concentração de banhistas.

**Artigo 6º:** Os resultados dos exames poderão, também, abranger períodos menores que cinco semanas, desde que cada um desses períodos seja especificado e tenham sido colhidas e examinadas, pelo menos, cinco amostras durante o tempo mencionado, com intervalo mínimo de 24 horas entre as amostragens.

**Artigo 7º:** Os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição.

**Artigo 8º:** Recomenda-se aos órgãos ambientais a avaliação das condições parasitológicas e microbiológicas da areia, para futuras padronizações.

**Artigo 9º:** Aos órgãos de controle ambiental compete a aplicação desta resolução, cabendo-lhes a divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários e a fiscalização para o cumprimento da legislação pertinente.

**Artigo 10º:** Na ausência ou omissão do órgão de controle ambiental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA atuará, diretamente, em caráter supletivo.

**Artigo 11º:** Os órgãos de controle ambiental manterão o IBAMA informado sobre as condições de balneabilidade dos corpos de água.

**Artigo 12º:** A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios articular-se-ão entre si e com a sociedade, para definir e implementar as ações decorrentes desta resolução.

**Artigo 13º:** O não cumprimento do disposto nesta resolução sujeitará os infratores às sanções previstas nas Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981; 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e no Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999.

**Artigo 14º:** Esta resolução entra em vigor na data de sua publicação.

**\*Artigo 15º:** Ficam revogados os artigos nºs 26 a 34, da Resolução nº 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986 .

JOSÉ SARNEY FILHO  
Presidente do CONAMA

JOSÉ CARLOS CARVALHO  
*Secretário-Executivo*

*\*Revogada pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005)*

## ANEXO 2

### Ministério do Meio Ambiente (MMA/Brasil) Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

#### Resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005<sup>2</sup>

**Correlações:** Esta Resolução foi revogada nos seus capítulos I (artigo 1, item XXXVII), IV e VI pela Resolução nº 430 do CONAMA (2011, Anexo 4).

**Obs.:** Estes capítulos estão marcados adiante com o sinal \*. Esta resolução foi alterada pela Resolução nº 410 do CONAMA (2009), apresentada no final deste anexo.

Dispõe sobre a **classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**, bem como estabelece as condições e **padrões de lançamento de efluentes**, e dá outras providências.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos artigos 6.º, inciso II e 8.º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade, e;

- considerando o artigo 9.º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

- considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

- considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

- considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

- considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

- considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a

---

<sup>2</sup> **Fonte:** <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>

assegurar seus usos preponderantes;

- considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

- considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

- considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

- considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento;

- considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

**Artigo 1º:** Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

## Capítulo I

### Das definições

**Artigo 2º:** Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I – águas doces: com salinidade igual ou inferior a 0,5;

II – águas salobras: com salinidade superior a 0,5 e inferior a 30;

III – águas salinas: com salinidade igual ou superior a 30;

IV – ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;

V – ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;

VI – aquicultura: cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;

VII – carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

VIII – cianobactérias: micro-organismos 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;

IX – classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;

X – classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;

XI – Coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima 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;

XII – condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;

XIII – condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;

XIV – controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a condição atual e a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;

XV – corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;

XVI – desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;

XVII – efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;

XVIII – efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;

XIX – efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;

XX – enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI – ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII – ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

XXIII – Escherichia coli (E. coli): bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae,

caracterizada pela atividade da enzima 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;

XXIV – metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV – monitoramento: medição ou verificação da concentração de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e do controle da qualidade do corpo de água;

XXVI – padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII – parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII – pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX – programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água, estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX – recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, recreação) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

XXXI – 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);

XXXII – tratamento 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;

XXXIII – tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de decantação, desinfecção e correção de pH;

XXXIV – tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH, quando necessário;

XXXV – tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI – vazão de referência: 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;

XXXVII – virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

\*XXXVIII – zona de mistura: região do corpo aquático receptor, onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

## Capítulo II

### Da classificação dos corpos de água

**Artigo 3º:** 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.

**Parágrafo único:** 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.

#### Seção I

#### Das Águas Doces

**Artigo 4º:** As águas doces são classificadas em:

**I – Classe Especial: 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.

**II – Classe 1: águas que podem ser 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 nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1);
- 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.

**III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:**

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1);
- 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.

**IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:**

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

**V – Classe 4: águas que podem ser destinadas:**

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

**Seção II**

**Das Águas Salinas**

**Artigo 5º:** As águas salinas são assim classificadas:

**I – 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.

**II – Classe 1: águas que podem ser destinadas:**

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1);
- b) à proteção das comunidades aquáticas; e
- c) à aquicultura e à atividade de pesca.

**III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:**

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

**IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:**

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

**Seção III**

**Das Águas Salobras**

**Artigo 6º:** As águas salobras são assim classificadas:

**I – 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.

## **II – Classe 1: águas que podem ser destinadas:**

- a) à recreação de contato primário, conforme Resolução nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1);
- 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) 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.

## **III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:**

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

## **IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:**

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

### **Capítulo III**

#### **Das condições e padrões de qualidade das águas**

##### **Seção I**

##### **Das Disposições Gerais**

**Artigo 7º:** Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

**Parágrafo único:** 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, ressalvado o disposto no § 3º do artigo 34, desta Resolução.

**Artigo 8º:** O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

**§ 1º:** Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou da “não conformidade”.

**§ 2º:** Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

**§ 3º:** A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

**§ 4º:** 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, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

**§ 5º:** Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão às suas expensas.

**§ 6º:** Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

**Artigo 9º:** 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.

**§ 1º:** Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

**§ 2º:** 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.

**Artigo 10º:** Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

**§ 1º:** 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 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.

**§ 2º:** 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.

**§ 3º:** 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 analítica) não deverá ultrapassar 1,27mg/L para ambientes lênticos e 2,18mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

**§ 4º:** O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

**Artigo 11º:** O Poder Público poderá, 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.

**Artigo 12º:** O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

**Artigo 13º:** Nas águas de Classe Especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

## **Seção II**

### **Das Águas Doces**

**Artigo 14º:** As águas doces de **Classe 1** observarão as seguintes condições e padrões:

I – condições de qualidade de água:

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;

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 nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1).

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. colil poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h)  $DBO_{5 \text{ dias}}$  a 20°C: até 3mg/L  $O_2$ ;

i) OD: em qualquer amostra, não inferior a 6mg/L  $O_2$ ;

j) Turbidez: até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) Cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg/L de Pt/Co; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II – Padrões de qualidade de água:

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

<b>TABELA I – CLASSE 1 – ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzo(a)antraceno	0,05µg/L
Benzo(a)pireno	0,05µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05µg/L
Carbaril	0,02µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04µg/L
2–Clorofenol	0,1µg/L
Criseno	0,05µg/L
2,4–D	4,0µg/L
Demeton (Demeton–O+Demeton–S)	0,1µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05µg/L
1,2–dicloroetano	0,01mg/L
1,1–dicloroetano	0,003mg/L
2,4–diclorofenol	0,3µg/L
Diclorometano	0,02mg/L
DDT (p,p'-DDT+p,p'-DDE+ p,p'-DDD)	0,002µg/L
Dodecacloro pentaciclododecano	0,001µg/L
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,056µg/L
Endrin	0,004µg/L
Estireno	0,02mg/L
Etilbenzeno	90,0µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	65µg/L
Gution	0,005µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,02µg/L
Malation	0,1µg/L
Metolacloro	10µg/L
Metoxicloro	0,03µg/L
Paration	0,04µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001µg/L
Pentaclorofenol	0,009mg/L
Simazina	2,0µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5mg/L LAS
2,4,5-T	2,0µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002mg/L
Tetracloroetano	0,01mg/L
Tolueno	2,0µg/L
Toxafeno	0,01µg/L
2,4,5-TP	10,0µg/L
Tributilestanho	0,063µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02mg/L
Tricloroetano	0,03mg/L
2, 4, 6-triclorofenol	0,01mg/L
Trifluralina	0,2µg/L
Xileno	300µg/L

III – Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA II – CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCAOU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 µg/L As
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzidina	0,0002µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018µg/L
Benzo(a)pireno	0,018µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018µg/L
Criseno	0,018µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018µg/L
3,3-diclorobenzidina	0,028µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018µg/L
PCBs – Bifenilas policloradas	0,000064µg/L
Pentaclorofenol	3,0µg/L
Tetracloroeto de carbono	1,6µg/L
Tetracloroeteno	3,3µg/L
Toxafeno	0,00028µg/L
2,4,6-triclorofenol	2,4µg/L

**Artigo 15º:** Aplicam-se às águas doces de **Classe 2** as condições e padrões da Classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I – não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II – Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução nº 274 do CONAMA, de 2000 (Anexo 1). 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;

III – Cor verdadeira: até 75mg/L de Pt/Co;

IV – Turbidez: até 100 UNT;

V – DBO<sub>5</sub> dias a 20°C: até 5mg/L O<sub>2</sub>;

VI – OD: em qualquer amostra, não inferior a 5mg/L O<sub>2</sub>;

VII – Clorofila a: até 30µg/L;

VIII – Densidade de Cianobactérias: até 50000cel/mL ou 5mm<sup>3</sup>/L; e,

IX – Fósforo total:

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

**Artigo 16º:** As águas doces de **Classe 3** observarão as seguintes condições e padrões:

I – condições de qualidade de água:

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 comuniquem 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 para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm<sup>3</sup>/L;

i) DBO<sub>5 dias</sub> a 20°C: até 10mg/L O<sub>2</sub>;

j) OD: em qualquer amostra, não inferior a 4mg/L O<sub>2</sub>;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75mg/L de Pt/Co; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

## II – Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA III – CLASSE 3 – ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila a	60µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000cel/mL ou 10mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,2mg/L Al
Arsênio total	0,033mg/L As
Bário total	1,0mg/L Ba
Berílio total	0,1mg/L Be
Boro total	0,75mg/L B
Cádmio total	0,01mg/L Cd
Chumbo total	0,033mg/L Pb
Cianeto livre	0,022mg/L CN
Cloreto total	250mg/L Cl
Cobalto total	0,2mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013mg/L Cu
Cromo total	0,05mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0mg/L Fe
Fluoreto total	1,4mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15mg/L P
Lítio total	2,5mg/L Li
Manganês total	0,5mg/L Mn
Mercúrio total	0,002mg/L Hg
Níquel total	0,025mg/L Ni
Nitrato	10,0mg/L N
Nitrito	1,0mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3mg/L N (para pH > 7,5) 5,6mg/L N (para 7,5 < pH > 8,0) 2,2mg/L N, (para 8,0 < pH > 8,5) 1,0mg/L N (para pH >8,5)
Prata total	0,05mg/L Ag
Selênio total	0,05mg/L Se
Sulfato total	250mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Sulfeto (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,3mg/L S <sup>2-</sup>
Urânio total	0,02mg/L U
Vanádio total	0,1mg/L V
Zinco total	5mg/L Zn
Aldrin + Dieldrin	0,03µg/L
Atrazina	2µg/L
Benzeno	0,005mg/L
Benzo(a)pireno	0,7µg/L
Carbaril	70,0µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3µg/L
2,4-D	30,0µg/L
DDT (p,p'-DDT+p,p'-DDE+p,p'-DDD)	1,0µg/L
Demeton (Demeton-O+Demeton-S)	14,0µg/L
1,2-dicloroetano	0,01mg/L

<b>TABELA III – CLASSE 3 – ÁGUAS DOCES</b>	
1,1-dicloroetano	30µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001µg/L
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,22µg/L
Endrin	0,2µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	280µg/L
Gution	0,005µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03µg/L
Lindano (g-HCH)	2,0µg/L
Malation	100,0µg/L
Metoxicloro	20,0µg/L
Paration	35,0µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001µg/L
Pentaclorofenol	0,009mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5mg/L LAS
2,4,5-T	2,0µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003mg/L
Tetracloroetano	0,01mg/L
Toxafeno	0,21µg/L
2,4,5-TP	10,0µg/L
Tributilestanho	2,0µg/L TBT
Tricloroetano	0,03mg/L
2, 4, 6–triclorofenol	0,01mg/L

**Artigo 17º:** As águas doces de **Classe 4** observarão as seguintes condições e padrões:

- I – materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II – odor e aspecto: não objetáveis;
- III – óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- IV – substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- V – fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) até 1,0mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH;
- VI – OD: superior a 2,0mg/L O<sub>2</sub> em qualquer amostra; e,
- VII – pH: 6,0 a 9,0.

### Seção III

#### Das Águas Salinas

**Artigo 18º:** As águas salinas de **Classe 1** observarão as seguintes condições e padrões:

- I – condições de qualidade de água:
  - 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 virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) Coliformes termolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução nº 274 do CONAMA (2000, Anexo 1). 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 termolerantes 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 termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral.

A E. colil poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

- h) carbono orgânico total até 3mg/L como C;
- i) OD: em qualquer amostra, não inferior a 6mg/L O<sub>2</sub>; e
- j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.

## II – Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA IV – CLASSE 1 – ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	1,5mg/L Al
Arsênio total	0,01mg/L As
Bário total	1,0mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0mg/L B
Cádmio total	0,005mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,001mg/L CN
Cloro residual total (combinado+ livre)	0,01mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005mg/L Cu
Cromo total	0,05mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3mg/L Fe
Fluoreto total	1,4mg/L F
Fósforo total	0,062mg/L P
Manganês total	0,1mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002mg/L Hg
Níquel total	0,025mg/L Ni

<b>TABELA IV – CLASSE 1 – ÁGUAS SALINAS</b>	
Nitrato	0,40mg/L N
Nitrito	0,07mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40mg/L N
Polifosfatos (diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031mg/L P
Prata total	0,005mg/L Ag
Selênio total	0,01mg/L Se
Sulfetos (H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002mg/L S <sup>2-</sup>
Tálio total	0,1mg/L Tl
Urânio Total	0,5mg/L U
Zinco total	0,09mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,0019µg/L
Benzeno	700µg/L
Carbaril	0,32µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004µg/L
2,4-D	30,0µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'- DDD)	0,001µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001µg/L
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,01µg/L
Endrin	0,004µg/L
Etilbenzeno	25µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60µg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Gution	0,01µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004µg/L
Malation	0,1µg/L
Metoxicloro	0,03µg/L
Monoclorobenzeno	25µg/L
Pentaclorofenol	7,9µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2mg/L LAS
2,4,5-T	10,0µg/L
Tolueno	215µg/L
Toxafeno	0,0002µg/L
2,4,5-TP	10,0µg/L
Tributilestanho	0,01µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	80µg/L
Tricloroetano	30µg/L

III – Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA V – CLASSE 1 – ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 µg/L As
Benzeno	51µg/L
Benzidina	0,0002µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018µg/L
Benzo(a)pireno	0,018µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018µg/L
2-clorofenol	150µg/L
2,4-diclorofenol	290µg/L
Criseno	0,018µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018µg/L
1,2-dicloroetano	37µg/L
1,1-dicloroetano	3µg/L
3,3-diclorobenzidina	0,028µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018µg/L
PCBs-Bifenilas Policloradas	0,000064µg/L
Pentaclorofenol	3,0µg/L
Tetracloroetano	3,3µg/L
2, 4, 6-triclorofenol	2,4µg/L

**Artigo 19º:** Aplicam-se às águas salinas de Classe 2 as condições e padrões de qualidade da Classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I – condições de qualidade de água:

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) 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;

c) carbono orgânico total: até 5,0mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra: não inferior a 5,0mg/L O<sub>2</sub>.

## II – Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA VI – CLASSE 2 – ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,069mg/L As
Cádmio total	0,04mg/L Cd
Chumbo total	0,21mg/L Pb
Cianeto livre	0,001mg/L CN
Cloro residual total	19µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8µg/L Cu
Cromo total	1,1mg/L Cr
Fósforo total	0,093mg/L P
Mercúrio total	1,8µg/L Hg
Níquel	74µg/L Ni
Nitrato	0,70mg/L N
Nitrito	0,20mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70mg/L N
Polifosfatos (diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465mg/L P
Selênio total	0,29mg/L Se
Zinco total	0,12mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,03µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09µg/L
DDT (p-p'DDT+p-p'DDE+ pp'DDD)	0,13µg/L
Endrin	0,037µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053µg/L
Lindano (g-HCH)	0,16µg/L
Pentaclorofenol	13,0µg/L
Toxafeno	0,210µg/L
Tributilestanho	0,37µg/L TBT

**Artigo 20º:** As águas salinas de **Classe 3** observarão as seguintes condições e padrões:

- I – materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II – óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- III – substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- IV – corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- V – resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- VI – 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;
- VII – carbono orgânico total: até 10mg/L, como C;
- VIII – OD: em qualquer amostra, não inferior a 4mg/L O<sub>2</sub>;
- IX – pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

## Seção IV

### Das Águas Salobras

**Artigo 21º:** As águas salobras de **Classe 1** observarão as seguintes condições e padrões:

I – condições de qualidade de água:

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 3mg/L, como C;

c) OD: em qualquer amostra, não inferior a 5mg/L O<sub>2</sub>;

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 nº 274 do CONAMA (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 de 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 desenvolvam 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.

**II – Padrões de qualidade de água:**

<b>TABELA VII – CLASSE 1 – ÁGUAS SALOBRAS</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,1mg/L Al
Arsênio total	0,01mg/L As
Berílio total	5,3µg/L Be

<b>TABELA VII – CLASSE 1 – ÁGUAS SALOBRAS</b>	
Boro	0,5mg/L B
Cádmio total	0,005mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,001mg/L CN
Cloro residual total (combinado+ livre)	0,01mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005mg/L Cu
Cromo total	0,05mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3mg/L Fe
Fluoreto total	1,4mg/L F
Fósforo total	0,124mg/L P
Manganês total	0,1mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002mg/L Hg
Níquel total	0,025mg/L Ni
Nitrato	0,40mg/L N
Nitrito	0,07mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40mg/L N
Polifosfatos (diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062mg/L P
Prata total	0,005mg/L Ag
Selênio total	0,01mg/L Se
Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002mg/L S <sup>2-</sup>
Zinco total	0,09mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + dieldrin	0,0019µg/L
Benzeno	700µg/L
Carbaril	0,32µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004µg/L
2,4-D	10,0µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001µg/L
Demeton (Demeton-O+ Demeton-S)	0,1µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001µg/L
Endrin	0,004µg/L
Endosulfan (α + β + sulfato)	0,01µg/L
Etilbenzeno	25,0µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Gution	0,01µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004µg/L
Malation	0,1µg/L
Metoxicloro	0,03µg/L
Monoclorobenzeno	25µg/L
Paration	0,04µg/L
Pentaclorofenol	7,9µg/L
PCBs – Bifenilas Policloradas	0,03µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2mg/L LAS
2,4,5-T	10,0µg/L
Tolueno	215µg/L
Toxafeno	0,0002µg/L
2,4,5-TP	10,0µg/L
Tributilestanho	0,010µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB+1,2,4-TCB)	80,0µg/L

III – Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA VIII – CLASSE 1 – ÁGUAS SALOBRAS</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14µg/L As
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzeno	51µg/L
Benzidina	0,0002µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018µg/L
Benzo(a)pireno	0,018µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018µg/L
2-Clorofenol	150µg/L
Criseno	0,018µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018µg/L
2,4-diclorofenol	290µg/L
1,1-dicloroetano	3,0µg/L
1,2-dicloroetano	37,0µg/L
3,3-diclorobenzidina	0,028µg/L
Heptacloro epóxido+Heptacloro	0,000039µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018µg/L
Pentaclorofenol	3,0µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064µg/L
Tetracloroetano	3,3µg/L
Tricloroetano	30µg/L
2, 4, 6 –triclorofenol	2,4µg/L

**Artigo 22º:** Aplicam-se às águas salobras de **Classe 2** as condições e padrões de qualidade da Classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I – condições de qualidade de água:

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) carbono orgânico total: até 5,0mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra: não inferior a 4mg/L O<sub>2</sub>; e

d) 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.

## II – Padrões de qualidade de água:

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

**Artigo 23º:** As águas salobras de **Classe 3** observarão as seguintes condições e padrões:

I – pH: 5 a 9;

II – OD: em qualquer amostra: não inferior a 3mg/L O<sub>2</sub>;

III – óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV – materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V – substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI – substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII – Coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 Coliformes termotolerantes por 100mL 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;

VIII – carbono orgânico total até 10,0mg/L como C.

## Capítulo IV \*

### Das condições e padrões de lançamento de efluentes

**ATENÇÃO:** Os artigos numerados de 24 a 37, que tem o  **sinal \*** foram revogados pela **Resolução nº 430 do CONAMA (2011)**.

**\*Artigo 24º:** 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 nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

**Parágrafo único:** O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I – acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II – exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

**\*Artigo 25º:** É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

**Parágrafo único:** O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no artigo 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

I – comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II – atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;

III – realização de Estudo de Impacto Ambiental–EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;

IV – estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V – fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

**\*Artigo 26º:** 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, listadas ou não no artigo 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

**§ 1º:** 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.

**§ 2º:** 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.

**§ 3º:** Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

**§ 4º:** O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

**\*Artigo 27º:** É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

**Parágrafo único:** Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

**\*Artigo 28º:** Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

**§ 1º:** As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

**§ 2º:** Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

**§ 3º:** Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

**\*Artigo 29º:** A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

**\*Artigo 30º:** No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

**\*Artigo 31º:** Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

**\*Artigo 32º:** 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.

**§ 1º:** Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I – atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II – não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III – atender a outras exigências aplicáveis.

**§ 2º:** No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

**\*Artigo 33º:** Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

**Parágrafo único:** A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

**\*Artigo 34º:** Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

**§ 1º:** 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.

**§ 2º:** Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

**§ 3º:** Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

**§ 4º: Condições de lançamento de efluentes:**

I – pH entre 5 a 9;

II – temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III – materiais sedimentáveis: até 1mL/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;

IV – 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;

V – óleos e graxas:

1 – óleos minerais: até 20mg/L;

2 – óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI – ausência de materiais flutuantes.

**§ 5º: Padrões de lançamento de efluentes\*:**

<b>TABELA X – LANÇAMENTO DE EFLUENTES</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,5mg/L As
Bário total	5,0mg/L Ba
Boro total	5,0mg/L B
Cádmio total	0,2mg/L Cd

<b>TABELA X – LANÇAMENTO DE EFLUENTES</b>	
Chumbo total	0,5mg/L Pb
Cianeto total	0,2mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0mg/L Cu
Cromo total	0,5mg/L Cr
Estanho total	4,0mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0mg/L Fe
Fluoreto total	10,0mg/L F
Manganês dissolvido	1,0mg/L Mn
Mercúrio total	0,01mg/L Hg
Níquel total	2,0mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0mg/L N
Prata total	0,1mg/L Ag
Selênio total	0,30mg/L Se
Sulfeto	1,0mg/L S <sup>2-</sup>
Zinco total	5,0mg/L Zn
Clorofórmio	1,0mg/L
Dicloroetano	1,0mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0mg/L
Tricloroetano	1,0mg/L

**\*Artigo 35º:** Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do artigo 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras consequências:

- I – acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos;
- II – inviabilizar o abastecimento das populações.

**\*Artigo 36º:** Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com micro-organismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

**\*Artigo 37º:** Para o 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.

## **Capítulo V**

### **Diretrizes ambientais para o enquadramento**

**Artigo 38º:** O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

**§ 1º:** O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º: 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.

§ 3º: 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.

§ 4º: As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º: Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º: 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.

## Capítulo VI

### Disposições finais e transitórias

**\*Artigo 39º:** Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

**Obs.:** Este artigo foi revogado pela **Resolução nº 430 do CONAMA (2011) (Anexo 4)**.

**Artigo 40º:** 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.

**Artigo 41º:** Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

**Artigo 42º:** **Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas Classe 2, as águas salinas e salobras Classe 1,** exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

**\*Artigo 43º:** Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos

nesta Resolução.

§ 1º: O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no caput deste artigo.

§ 2º: O prazo previsto no caput deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º: As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º: O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do artigo 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

**\*Artigo 44º:** O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

**\*Obs.:** Estes artigos 43 e 44 foram revogados pela **Resolução nº 430 do CONAMA (2011) (Anexo 4)**.

**Artigo 45º:** O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º: Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º: As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

**\*Artigo 46º:** O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

§ 1º: A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º: O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for

o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

**\*Obs.:** Este artigo foi revogado pela **Resolução nº 430 do CONAMA (2011) (Anexo 4)**.

**Artigo 47º:** Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

**Artigo 48º:** O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

**Artigo 49º:** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

**Artigo 50º:** Revoga-se a Resolução do CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

MARINA SILVA

Presidente do Conselho

**Ministério do Meio Ambiente (MMA/BRASIL)**  
**Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**  
**RESOLUÇÃO nº 410, de 04 de maio de 2009**

(Publicada no DOU nº 83, de 05/05/2009, pág. 106).

**Correlações:**

- Altera o artigo 44 da Resolução nº 357 do CONAMA/2005 e o artigo 3 da Resolução nº 397 do CONAMA/2008.

- Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no artigo 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no artigo 3 da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelo artigo 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, resolve:

**Artigo 1º: Prorrogar o prazo** para complementação das condições e padrões de lançamentos de efluentes, previsto no artigo 44 da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e no artigo 3 da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008, por mais seis meses a partir da data de publicação desta Resolução .

**Artigo 2º:** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

CARLOS MINC - Presidente do Conselho

## ANEXO 3

### MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH)

#### Resolução nº 91, de 05 de novembro de 2008<sup>3</sup>

(Publicada no D.O.U em 06/02/2009)

***Dispõe sobre procedimentos gerais para o Enquadramento dos Corpos de Águas Superficiais e Subterrâneos.***

O **CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CNRH**, no uso das competências que lhe são conferidas pelas Leis nºs 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e 9.984, de 17 de julho de 2000, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria MMA nº 377, de 19 de setembro de 2003, e,

- considerando a Década Brasileira da Água, instituída por Decreto de 22 de março de 2005, cujos objetivos são promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água;

- considerando que o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, fundamental para a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, conforme Lei nº 9.433, de 1997, artigo 5º, inciso II e artigo 3º, incisos III, respectivamente;

- considerando a articulação da Política Nacional de Recursos Hídricos com a Política Nacional de Saneamento, estabelecida pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007;

- considerando que o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é instrumento de gestão de recursos hídricos da esfera do planejamento, que se expressa por meio do estabelecimento de metas intermediárias e final a serem alcançadas, devendo levar em conta a integração da gestão das águas superficiais e subterrâneas; e

- considerando a necessidade de revisão da Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000, para aperfeiçoamento dos procedimentos nela estabelecidos, tendo como referência as diretrizes e estratégias de implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento e a Resolução do CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, resolve:

---

<sup>3</sup> fonte: [HTTP://piranhasacu.ana.gov.br/resoluções/resolucaoCNRH\\_91\\_2008.pdf](http://piranhasacu.ana.gov.br/resoluções/resolucaoCNRH_91_2008.pdf)

**Artigo 1º:** Estabelecer procedimentos gerais para o enquadramento de corpos de água superficiais e subterrâneos.

**Artigo 2º:** O enquadramento dos corpos de água se dá por meio do estabelecimento de classes de qualidade conforme disposto nas Resoluções CONAMA nºs 357, de 2005 e 396, de 2008, tendo como referências básicas:

I - a bacia hidrográfica como unidade de gestão; e

II - os usos preponderantes mais restritivos.

§ 1º: O enquadramento de corpos de água corresponde ao estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados através de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água.

§ 2º: O processo de enquadramento pode determinar classes diferenciadas por trecho ou porção de um mesmo corpo de água, que correspondem a exigências a serem alcançadas ou mantidas de acordo com as condições e os padrões de qualidade a elas associadas.

§ 3º: O processo de enquadramento deverá considerar as especificidades dos corpos de água, com destaque para os ambientes lênticos e para os trechos com reservatórios artificiais, sazonalidade de vazão e regime intermitente.

§ 4º: O alcance ou manutenção das condições e dos padrões de qualidade, determinados pelas classes em que o corpo de água for enquadrado, deve ser viabilizado por um programa para efetivação do enquadramento.

§ 5º: Para as águas subterrâneas de Classe 4 é adotado o critério do uso menos restritivo.

**Artigo 3º:** A proposta de enquadramento deverá ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, preferencialmente durante a sua elaboração, devendo conter o seguinte:

I - diagnóstico;

II - prognóstico;

III - propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento;

IV - programa para efetivação.

§ 1º: A elaboração da proposta de enquadramento deve considerar, de forma integrada e associada, as águas superficiais e subterrâneas, com vistas a alcançar a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade compatíveis com os usos preponderantes identificados.

§ 2º: O processo de elaboração da proposta de enquadramento dar-se-á com ampla participação da comunidade da bacia hidrográfica, por meio da realização de consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e outros.

**Artigo 4º:** O diagnóstico deverá abordar:

I - caracterização geral da bacia hidrográfica e do uso e ocupação do solo incluindo a identificação dos corpos de água superficiais e subterrâneos e suas interconexões hidráulicas,

em escala compatível;

II - identificação e localização dos usos e interferências que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água, destacando os usos preponderantes;

III - identificação, localização e quantificação das cargas das fontes de poluição pontuais e difusas atuais, oriundas de efluentes domiciliares, industriais, de atividades agropecuárias e de outras fontes causadoras de degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

IV - disponibilidade, demanda e condições de qualidade das águas superficiais e subterrâneas;

V - potencialidade e qualidade natural das águas subterrâneas;

VI - mapeamento das áreas vulneráveis e suscetíveis a riscos e efeitos de poluição, contaminação, superexploração, escassez de água, conflitos de uso, cheias, erosão e subsidência, entre outros;

VII - identificação das áreas reguladas por legislação específica;

VIII - arcabouço legal e institucional pertinente;

IX - políticas, planos e programas locais e regionais existentes, especialmente os planos setoriais, de desenvolvimento sócio-econômico, plurianuais governamentais, diretores dos municípios e ambientais e os zoneamentos ecológico-econômico, industrial e agrícola;

X - caracterização socioeconômica da bacia hidrográfica; e

XI - capacidade de investimento em ações de gestão de recursos hídricos;

**Artigo 5º:** No prognóstico deverão ser avaliados os impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos advindos da implementação dos planos e programas de desenvolvimento previstos, considerando a realidade regional com horizontes de curto, médio e longo prazos, e formuladas projeções consubstanciadas em estudos de simulação dos seguintes itens:

I - potencialidade, disponibilidade e demanda de água;

II - cargas poluidoras de origem urbana, industrial, agropecuária e de outras fontes causadoras de alteração, degradação ou contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;

III - condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos;

IV - usos pretensos de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, considerando as características específicas de cada bacia.

§ 1º: Os horizontes e prazos das projeções serão estabelecidos pela entidade responsável pela elaboração da proposta de enquadramento, considerando as diretrizes e as recomendações existentes para a bacia hidrográfica, formuladas pelo Comitê de Bacia Hidrográfica, pelo órgão gestor de recursos hídricos ou pelo Conselho de Recursos Hídricos competente.

§ 2º Para a formulação das projeções referidas no *caput* deverão ser considerados os diferentes cenários de uso e ocupação do solo, previstos nos planos e políticas públicas.

**Artigo 6º:** As propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento deverão ser

elaboradas com vistas ao alcance ou manutenção das classes de qualidade de água pretendidas em conformidade com os cenários de curto, médio e longo prazos.

§ 1º: As propostas de metas deverão ser elaboradas em função de um conjunto de parâmetros de qualidade da água e das vazões de referência definidas para o processo de gestão de recursos hídricos.

§ 2º: O conjunto de parâmetros de que trata o §1º deste artigo será definido em função dos usos pretendidos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, considerando os diagnósticos e prognósticos elaborados, e deverá ser utilizado como base para as ações prioritárias de prevenção, controle e recuperação da qualidade das águas da bacia hidrográfica.

§ 3º: As metas deverão ser apresentadas por meio de quadro comparativo entre as condições atuais de qualidade das águas e aquelas necessárias ao atendimento dos usos pretendidos identificados.

§ 4º: O quadro comparativo deve vir acompanhado de estimativa de custo para a implementação das ações de gestão, incluindo planos de investimentos e instrumentos de compromisso.

**Artigo 7º:** O programa para efetivação do enquadramento, como expressão de objetivos e metas articulados ao correspondente plano de bacia hidrográfica, quando existente, deve conter propostas de ações de gestão e seus prazos de execução, os planos de investimentos e os instrumentos de compromisso que compreendam, entre outros:

I - recomendações para os órgãos gestores de recursos hídricos e de meio ambiente que possam subsidiar a implementação, integração ou adequação de seus respectivos instrumentos de gestão, de acordo com as metas estabelecidas, especialmente a outorga de direito de uso de recursos hídricos e o licenciamento ambiental;

II - recomendações de ações educativas, preventivas e corretivas, de mobilização social e de gestão, identificando-se os custos e as principais fontes de financiamento;

III - recomendações aos agentes públicos e privados envolvidos, para viabilizar o alcance das metas e os mecanismos de formalização, indicando as atribuições e compromissos a serem assumidos;

IV - propostas a serem apresentadas aos poderes públicos federal, estadual e municipal para adequação dos respectivos planos, programas e projetos de desenvolvimento e dos planos de uso e ocupação do solo às metas estabelecidas na proposta de enquadramento; e

V - subsídios técnicos e recomendações para a atuação dos comitês de bacia hidrográfica.

**Artigo 8º:** As agências de água ou de bacia ou entidades delegatárias das suas funções, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e os órgãos de meio ambiente, elaborarão e encaminharão as propostas de alternativas de enquadramento aos respectivos comitês de bacia hidrográfica para discussão, aprovação e posterior encaminhamento, para deliberação, ao Conselho de Recursos Hídricos competente.

**§ 1º:** Na ausência de agência ou entidade delegatária, o órgão gestor de recursos hídricos, em articulação com o órgão de meio ambiente, elaborará e encaminhará as propostas de alternativas de enquadramento ao respectivo comitê, para as demais providências definidas no *caput*.

**§ 2º:** Até a instalação do comitê de bacia hidrográfica competente, os órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, e de acordo com os procedimentos estabelecidos nesta Resolução, poderão elaborar e encaminhar as propostas de alternativas de enquadramento ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, para análise e deliberação.

**Artigo 9º:** Nas declarações de reserva de disponibilidade hídrica e nas outorgas de direito de uso de recursos hídricos poderão ser definidos limites progressivos para cada parâmetro de qualidade de água e condições de uso, compatíveis com as metas intermediárias e final do enquadramento estabelecido para os respectivos corpos de água.

**Artigo 10º:** A autoridade outorgante de recursos hídricos deverá articular-se com o órgão ambiental licenciador para o cumprimento das metas intermediárias e final estabelecidas no enquadramento.

**Artigo 11º:** Os órgãos e entidades responsáveis pela gestão de recursos hídricos do domínio da União, dos Estados e do Distrito Federal deverão articular-se para que os enquadramentos dos respectivos corpos de água, em uma mesma bacia hidrográfica, sejam compatíveis entre si.

**Artigo 12º:** Aos órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, cabe monitorar os corpos de água e controlar, fiscalizar e avaliar o cumprimento das metas do enquadramento.

**Artigo 13º:** Os órgãos gestores de recursos hídricos, em articulação com os órgãos de meio ambiente, deverão elaborar e encaminhar, a cada dois anos, relatório técnico ao respectivo comitê de bacia hidrográfica e ao respectivo Conselho de Recursos Hídricos, identificando os corpos de água que não atingiram as metas estabelecidas e as respectivas causas pelas quais não foram alcançadas, ao qual se dará publicidade.

**Parágrafo único:** Nos casos em que as condições de qualidade estiverem em desconformidade com as metas estabelecidas no enquadramento, deverão ser empreendidas ações para a adequação da qualidade da água à sua respectiva meta, exceto para os parâmetros que excedam aos limites legalmente estabelecidos devido à condição natural do corpo de água.

**Artigo 14º:** Os corpos de água já enquadrados com base na legislação anterior à publicação desta Resolução deverão ser objeto de adequação aos atuais procedimentos, especialmente no que se refere à aprovação do respectivo comitê de bacia hidrográfica, à deliberação do Conselho de Recursos Hídricos competente e ao programa de efetivação.

**Artigo 15º:** Na outorga de direito de uso de recursos hídricos, na cobrança pelo uso da água,

no licenciamento ambiental, bem como na aplicação dos demais instrumentos da gestão de recursos hídricos e de meio ambiente que tenham o enquadramento como referência para sua aplicação, deverão ser considerados, nos corpos de água superficiais ainda não enquadrados, os padrões de qualidade da classe correspondente aos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água.

**§1º:** Caberá à autoridade outorgante, em articulação com o órgão de meio ambiente, definir, por meio de ato próprio, a classe correspondente a ser adotada, de forma transitória, para aplicação dos instrumentos previstos no *caput*, em função dos usos preponderantes mais restritivos existentes no respectivo corpo de água.

**§2º:** Até que a autoridade outorgante tenha informações necessárias à definição prevista no parágrafo anterior e estabeleça a classe correspondente, poderá ser adotada, para as **águas doces** superficiais, a **Classe 2**.

**Artigo 16º:** Esta Resolução entra em vigor na sua data de publicação.

**Artigo 17º:** Fica revogada a Resolução CNRH nº 12, de 19 de julho de 2000.

**CARLOS MINC BAUMFELD**

**Presidente**

**VICENTE ANDREU GUILLO**

**Secretário Executivo**

## ANEXO 4

### Ministério do Meio Ambiente (MMA) Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

#### Resolução nº 430 do CONAMA, de 13 de maio de 2011<sup>4</sup>.

**Correlações:** Complementa e altera a **Resolução nº 357** do CONAMA (2005).

*Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.*

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelo inciso VII do artigo 8º da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 168, de 13 de junho de 2005, resolve:

**Artigo 1º:** Esta Resolução dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

**Parágrafo único:** O lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução, quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

**Artigo 2º:** A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

**Artigo 3º:** Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

**Parágrafo único:** O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento, mediante fundamentação técnica:

I – acrescentar outras condições e padrões para o lançamento de efluentes, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições do corpo receptor; ou

---

<sup>4</sup> fonte: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>

II – exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo corpo receptor.

## **CAPÍTULO I**

### **DAS DEFINIÇÕES**

**Artigo 4º:** Para efeito desta Resolução adotam-se as seguintes definições, em complementação àquelas contidas no artigo 2 da Resolução nº 357 do CONAMA (2005):

I – Capacidade de suporte do corpo receptor: valor máximo de determinado poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento;

II – Concentração de Efeito Não Observado-CENO: maior concentração do efluente que não causa efeito deletério estatisticamente significativo na sobrevivência e reprodução dos organismos, em um determinado tempo de exposição, nas condições de ensaio;

III – Concentração do Efluente no Corpo Receptor-CECR, expressa em porcentagem:

a) para corpos receptores confinados por calhas (rio, córregos, etc):  $CECR = [(vazão\ do\ efluente) / (vazão\ do\ efluente + vazão\ de\ referência\ do\ corpo\ receptor)] \times 100$ .

b) para áreas marinhas, estuarinas e lagos a CECR é estabelecida com base em estudo da dispersão física do efluente no corpo hídrico receptor, sendo a CECR limitada pela zona de mistura definida pelo órgão ambiental;

IV – Concentração Letal Mediana-CL50 ou Concentração Efetiva Mediana-CE50: é a concentração do efluente que causa efeito agudo (letalidade ou imobilidade) a 50% dos organismos, em determinado período de exposição, nas condições de ensaio;

V – Efluente: é o termo usado para caracterizar os despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos;

VI – Emissário submarino: tubulação provida de sistemas difusores destinada ao lançamento de efluentes no mar, na faixa compreendida entre a linha de base e o limite do mar territorial brasileiro;

VII – Esgotos sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos;

VIII – Fator de Toxicidade-FT: número adimensional que expressa a menor diluição do efluente que não causa efeito deletério agudo aos organismos, num determinado período de exposição, nas condições de ensaio;

IX – Lançamento direto: quando ocorre a condução direta do efluente ao corpo receptor;

X – Lançamento indireto: quando ocorre a condução do efluente, submetido ou não a tratamento, por meio de rede coletora que recebe outras contribuições antes de atingir o corpo receptor;

XI – Nível trófico: posição de um organismo na cadeia trófica;

XII – Parâmetro de qualidade do efluente: substâncias ou outros indicadores representativos dos contaminantes toxicologicamente e ambientalmente relevantes do efluente;

XIII – Testes de ecotoxicidade: métodos utilizados para detectar e avaliar a capacidade de um agente tóxico provocar efeito nocivo, utilizando bioindicadores dos grandes grupos de uma cadeia ecológica; e

XIV – Zona de mistura: região do corpo receptor, estimada com base em modelos teóricos aceitos pelo órgão ambiental competente, que se estende do ponto de lançamento do efluente, e delimitada pela superfície em que é atingido o equilíbrio de mistura entre os parâmetros físicos e químicos, bem como o equilíbrio biológico do efluente e os do corpo receptor, sendo específica para cada parâmetro.

## CAPÍTULO II

### DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

#### Seção I

#### Das Disposições Gerais

**Artigo 5º:** Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º: As metas obrigatórias para corpos receptores serão estabelecidas por parâmetros específicos.

§ 2º: Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

**Artigo 6º:** Excepcionalmente e em caráter temporário, o órgão ambiental competente poderá, mediante análise técnica fundamentada, autorizar o lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

- I – comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;
- II – atendimento ao enquadramento do corpo receptor e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;
- III – realização de estudo ambiental tecnicamente adequado, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;
- IV – estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento;
- V – fixação de prazo máximo para o lançamento, prorrogável a critério do órgão ambiental competente, enquanto durar a situação que justificou a excepcionalidade aos limites estabelecidos nesta norma; e

VI – estabelecimento de medidas que visem neutralizar os eventuais efeitos do lançamento excepcional.

**Artigo 7º:** O órgão ambiental competente deverá, 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, listadas ou não no artigo 16 desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor.

**§ 1º:** O órgão ambiental competente poderá exigir, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte do corpo receptor.

**§ 2º:** 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.

**§ 3º:** O empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias que poderão estar contidas no efluente gerado, entre aquelas listadas ou não na Resolução nº 357 do CONAMA, de 2005 para padrões de qualidade de água, sob pena de suspensão ou cancelamento da licença expedida.

**§ 4º:** O disposto no § 3º não se aplica aos casos em que o empreendedor comprove que não dispunha de condições de saber da existência de uma ou mais substâncias nos efluentes gerados pelos empreendimentos ou atividades.

**Artigo 8º:** É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, observada a legislação em vigor.

**Parágrafo único:** Nos processos nos quais possam ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a tecnologia adequada para a sua redução, até a completa eliminação.

**Artigo 9º:** No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

**Artigo 10º:** Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

**Artigo 11º:** 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.

**Artigo 12º:** O lançamento de efluentes em corpos de água, com exceção daqueles enquadrados na Classe Especial, não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível, além de atender outras exigências aplicáveis.

**Parágrafo único:** Nos corpos de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final.

**Artigo 13º:** Na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo.

**Parágrafo único:** A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, quando determinado pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

**Artigo 14º:** Sem prejuízo do disposto no inciso I do parágrafo único do artigo 3º desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo receptor estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras consequências:

- I – acarretar efeitos tóxicos agudos ou crônicos em organismos aquáticos; ou
- II – inviabilizar o abastecimento das populações.

**Artigo 15º:** Para o lançamento de efluentes tratados em leito seco de corpos receptores intermitentes, o órgão ambiental competente poderá definir condições especiais, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos.

## **Seção II**

### **Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes**

**Artigo 16º:** Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente no corpo receptor desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

- I – condições de lançamento de efluentes:
  - 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 no limite da 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 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
  - e) óleos e graxas:
    - 1. óleos minerais: até 20 mg/L;
    - 2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
  - f) ausência de materiais flutuantes;

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5 dias</sub> a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

## II – Padrões de lançamento de efluentes:

### Parâmetros inorgânicos

- Arsênio total	0,5 mg/L As
- Bário total	5,0 mg/L Ba
- Boro total (não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
- Cádmio total	0,2 mg/L Cd
- Chumbo total	0,5 mg/L Pb
- Cianeto total	1,0 mg/L CN
- Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
- Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
- Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr <sup>+6</sup>
- Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr <sup>+3</sup>
- Estanho total	4,0 mg/L Sn
- Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
- Fluoreto total	10,0 mg/L F
- Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
- Mercúrio 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 <sup>2-</sup>
- Zinco total	5,0 mg/L Zn

### Parâmetros Orgânicos

	Valores máximos
- Benzeno	1,2 mg/L
- Clorofórmio	1,0 mg/L
- Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
- Estireno	0,07 mg/L
- Etilbenzeno	0,84 mg/L
- Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
- Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
- Tricloroetano	1,0 mg/L
- Tolueno	1,2 mg/L
- Xileno	1,6 mg/L

§ 1º: Os efluentes oriundos de sistemas de disposição final de resíduos sólidos de qualquer origem devem atender às condições e padrões definidos neste artigo.

§ 2º: Os efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários devem atender às condições e padrões específicos definidos na Seção III desta Resolução.

§ 3º: Os efluentes oriundos de serviços de saúde estarão sujeitos às exigências estabelecidas na Seção III desta Resolução, desde que atendidas as normas sanitárias específicas vigentes, podendo:

I – ser lançados em rede coletora de esgotos sanitários conectada a estação de tratamento, atendendo às normas e diretrizes da operadora do sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitários; e

II – ser lançados diretamente após tratamento especial.

**Artigo 17º:** O órgão ambiental competente poderá definir padrões específicos para o parâmetro fósforo no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores com registro histórico de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público.

**Artigo 18º:** O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 1º: Os critérios de ecotoxicidade previstos no *caput* deste artigo devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, realizados no efluente, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes.

§ 2º: Cabe ao órgão ambiental competente a especificação das vazões de referência do efluente e do corpo receptor a serem consideradas no cálculo da Concentração do Efluente no Corpo Receptor–CECR, além dos organismos e dos métodos de ensaio a serem utilizados, bem como a frequência de eventual monitoramento.

§ 3º: Na ausência de critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental para avaliar o efeito tóxico do efluente no corpo receptor, as seguintes diretrizes devem ser obedecidas:

I – para efluentes lançados em corpos receptores de **água doce Classes 1 e 2, e águas salinas e salobras Classe 1**, a Concentração do Efluente no Corpo Receptor-CECR deve ser menor ou igual à Concentração de Efeito Não Observado-CENO de pelo menos dois níveis tróficos, ou seja:

a) CECR deve ser menor ou igual a CENO quando for realizado teste de ecotoxicidade para medir o efeito tóxico crônico; ou

b) CECR deve ser menor ou igual ao valor da Concentração Letal Mediana (CL50) dividida por 10; ou menor ou igual a 30 dividido pelo Fator de Toxicidade (FT) quando for realizado teste de ecotoxicidade para medir o efeito tóxico agudo;

II – para efluentes lançados em corpos receptores de **água doce Classe 3, e águas salinas e salobras Classe 2**, a Concentração do Efluente no Corpo Receptor–CECR deve ser menor ou igual à concentração que não causa efeito agudo aos organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos, ou seja:

a) CECR deve ser menor ou igual ao valor da Concentração Letal Mediana-CL50 dividida por 3 ou menor ou igual a 100 dividido pelo Fator de Toxicidade-FT, quando for realizado teste de ecotoxicidade aguda.

**§ 4º:** A critério do órgão ambiental, com base na avaliação dos resultados de série histórica, poderá ser reduzido o número de níveis tróficos utilizados para os testes de ecotoxicidade, para fins de monitoramento.

**§ 5º:** Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos na Resolução nº 357, de 2005 (Anexo 2), não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos não se aplicam os parágrafos anteriores.

**Artigo 19º:** O órgão ambiental competente deverá determinar quais empreendimentos e atividades deverão realizar os ensaios de ecotoxicidade, considerando as características dos efluentes gerados e do corpo receptor.

**Art. 20º:** O lançamento de efluentes efetuado por meio de emissários submarinos deve atender, após tratamento, aos padrões e condições de lançamento previstas nesta Resolução, aos padrões da classe do corpo receptor, após o limite da zona de mistura, e ao padrão de balneabilidade, de acordo com normas e legislação vigentes.

**Parágrafo único:** A disposição de efluentes por emissário submarino em desacordo com as condições e padrões de lançamento estabelecidos nesta Resolução poderá ser autorizada pelo órgão ambiental competente, conforme previsto nos incisos III e IV do artigo 6º, sendo que o estudo ambiental definido no inciso III deverá conter no mínimo:

- I – As condições e padrões específicos na entrada do emissário;
- II – O estudo de dispersão na zona de mistura, com dois cenários:
  - a) primeiro cenário: atendimento aos valores preconizados na Tabela I desta Resolução;
  - b) segundo cenário: condições e padrões propostos pelo empreendedor; e
- III – Programa de monitoramento ambiental.

### **Seção III**

#### **Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários**

**Artigo 21º:** Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

- I – Condições de lançamento de efluentes:
  - a) pH entre 5 e 9;
  - b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da 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) Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO<sub>5</sub> dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e

f) ausência de materiais flutuantes.

**§ 1º:** As condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, artigo 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de Nitrogênio amoniacal total.

**§ 2º:** No caso de sistemas de tratamento de esgotos sanitários que recebam lixiviados de aterros sanitários, o órgão ambiental competente deverá indicar quais os parâmetros da Tabela I do artigo 16, inciso II desta Resolução que deverão ser atendidos e monitorados, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total.

**§ 3º:** Para a determinação da eficiência de remoção de carga poluidora em termos de DBO<sub>5</sub> para sistemas de tratamento com lagunas de estabilização, a amostra do efluente deverá ser filtrada.

**Art. 22º:** O lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos deve atender aos padrões da classe do corpo receptor, após o limite da zona de mistura e ao padrão de balneabilidade, de acordo com as normas e legislação vigentes.

**Parágrafo único:** Este lançamento deve ser precedido de tratamento que garanta o atendimento das seguintes condições e padrões específicos, sem prejuízo de outras exigências cabíveis:

I – pH entre 5 e 9;

II – temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

III – após desarenação;

IV – sólidos grosseiros e materiais flutuantes: virtualmente ausentes; e

V – sólidos em suspensão totais: eficiência mínima de remoção de 20%, após desarenação.

**Artigo 23º:** Os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários poderão ser objeto de teste de ecotoxicidade no caso de interferência de efluentes com características potencialmente tóxicas ao corpo receptor, a critério do órgão ambiental competente.

**§ 1º:** Os testes de ecotoxicidade em efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários têm como objetivo subsidiar ações de gestão da bacia contribuinte aos referidos sistemas, indicando a necessidade de controle nas fontes geradoras de efluentes com características potencialmente tóxicas ao corpo receptor.

§ 2º: As ações de gestão serão compartilhadas entre as empresas de saneamento, as fontes geradoras e o órgão ambiental competente, a partir da avaliação criteriosa dos resultados obtidos no monitoramento.

### **CAPÍTULO III**

#### **DIRETRIZES PARA GESTÃO DE EFLUENTES**

**Artigo 24º:** Os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos.

§ 1º: O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e procedimentos para a execução e averiguação do automonitoramento de efluentes e avaliação da qualidade do corpo receptor.

§ 2º: Para fontes de baixo potencial poluidor, assim definidas pelo órgão ambiental competente, poderá ser dispensado o automonitoramento, mediante fundamentação técnica.

**Artigo 25º:** As coletas de amostras e as análises de efluentes líquidos e em corpos hídricos devem ser realizadas de acordo com as normas específicas, sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado.

**Artigo 26º:** Os ensaios deverão ser realizados por laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO ou por outro organismo signatário do mesmo acordo de cooperação mútua do qual o INMETRO faça parte ou em laboratórios aceitos pelo órgão ambiental competente.

§ 1º: Os laboratórios deverão ter sistema de controle de qualidade analítica implementado.

§ 2º: Os laudos analíticos referentes a ensaios laboratoriais de efluentes e de corpos receptores devem ser assinados por profissional legalmente habilitado.

**Artigo 27º:** As fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização.

**Parágrafo único:** No caso de efluentes cuja vazão original for reduzida pela prática de reuso, ocasionando aumento de concentração de substâncias presentes no efluente para valores em desacordo com as condições e padrões de lançamento estabelecidos na Tabela I do artigo 16 desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá estabelecer condições e padrões específicos de lançamento, conforme previsto nos incisos II, III e IV do artigo 6, desta Resolução.

**Artigo 28º:** O responsável por fonte potencial ou efetivamente poluidora dos recursos hídricos deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, a Declaração de Carga Poluidora (DCP) referente ao ano anterior.

**§ 1º:** A Declaração referida no *caput* deste artigo conterá, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa dos efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos.

**§ 2º:** O órgão ambiental competente poderá definir critérios e informações adicionais para a complementação e apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive dispensando-a, se for o caso, para as fontes de baixo potencial poluidor.

**§ 3º:** Os relatórios, laudos e estudos que fundamentam a Declaração de Carga Poluidora deverão ser mantidos em arquivo no empreendimento ou atividade, bem como uma cópia impressa da declaração anual subscrita pelo administrador principal e pelo responsável legalmente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), os quais deverão ficar à disposição das autoridades de fiscalização ambiental.

#### **CAPÍTULO IV DAS DISPOSIÇÕES FINAIS**

**Artigo 29º:** Aos empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, contarem com licença ambiental expedida, poderá ser concedido, a critério do órgão ambiental competente, prazo de até três anos, contados a partir da publicação da presente Resolução, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos estabelecidos nesta norma.

**§ 1º:** O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

**§ 2º:** O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá ser prorrogado por igual período, desde que tecnicamente motivado.

**§ 3º:** As instalações de tratamento de efluentes existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram às disposições desta Resolução.

**Artigo 30º:** O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e em seu regulamento.

**Artigo 31º:** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

**Artigo 32º:** Revogam-se o inciso XXXVIII do artigo 2, os artigos 24 a 37 e os artigos 39, 43, 44 e 46, da Resolução nº 357 do CONAMA, de 2005 (Anexo 2).

**IZABELLA TEIXEIRA  
Presidente do Conselho**

Obs.: Esse texto não substitui o publicado no DOU nº 92, em 16/05/2011, na sua pág. 89

## ANEXO 5

Ministério da Saúde (MS/BRASIL)

Gabinete do Ministro

### PORTARIA nº 2.914 (MS), de 12 de dezembro de 20115 (\*)

(\*) Republicação por ter saído com incorreção no original, publicado no Diário Oficial da União nº 239 (14/12/2011), Seção 1, páginas 39/46.

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da **água para consumo humano e seu Padrão de Potabilidade**.

O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, no uso da atribuição que lhe confere os incisos I e II do parágrafo único do artigo 87 da Constituição, e:

- considerando a Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, que configura infrações à legislação sanitária federal e estabelece as sanções respectivas;

- considerando a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes;

- considerando a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição e altera o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989;

- considerando a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos;

- considerando a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990; 8.666, de 21 de junho de 1993; 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978;

- considerando o Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977, que dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água;

- considerando o Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, que estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano; e Considerando o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010,

---

<sup>5</sup> fonte: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/Gm/2011/prt2914\\_12\\_2011.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/Gm/2011/prt2914_12_2011.html)

que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, resolve:

**Artigo 1º:** Esta Portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

## **CAPÍTULO I DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

**Artigo 2º:** Esta Portaria se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água.

**Parágrafo único:** As disposições desta Portaria não se aplicam à água mineral natural, à água natural e às águas adicionadas de sais destinadas ao consumo humano após o envasamento, e a outras águas utilizadas como matéria-prima para elaboração de produtos, conforme Resolução (RDC) nº 274, de 22 de setembro de 2005, da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

**Artigo 3º:** Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

**Artigo 4º:** Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

## **CAPÍTULO II DAS DEFINIÇÕES**

**Artigo 5º:** Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

I – água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II – água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

III – padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

IV – padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;

V – água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;

VI – sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

VII – solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;

VIII – solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;

IX – rede de distribuição: parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável até as ligações prediais;

X – ligações prediais: conjunto de tubulações e peças especiais, situado entre a rede de distribuição de água e o cavalete, este incluído;

XI – cavalete: kit formado por tubos e conexões destinados à instalação do hidrômetro para realização da ligação de água;

XII – interrupção: situação na qual o serviço de abastecimento de água é interrompido temporariamente, de forma programada ou emergencial, em razão da necessidade de se efetuar reparos, modificações ou melhorias no respectivo sistema;

XIII – intermitência: é a interrupção do serviço de abastecimento de água, sistemática ou não, que se repete ao longo de determinado período, com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência;

XIV – integridade do sistema de distribuição: condição de operação e manutenção do sistema de distribuição (reservatório e rede) de água potável em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada até as ligações prediais;

XV – controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;

XVI – vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana;

XVII – garantia da qualidade: procedimento de controle da qualidade para monitorar a validade dos ensaios realizados;

XVIII – recoleta: ação de coletar nova amostra de água para consumo humano no ponto de coleta que apresentou alteração em algum parâmetro analítico; e

XIX – passagem de fronteira terrestre: local para entrada ou saída internacional de viajantes, bagagens, cargas, contêineres, veículos rodoviários e encomendas postais.

**CAPÍTULO III**  
**DAS COMPETÊNCIAS E RESPONSABILIDADES**  
**Seção I: Das Competências da União**

**Artigo 6º:** Para os fins desta Portaria, as competências atribuídas à União serão exercidas pelo Ministério da Saúde (MS) e entidades a ele vinculadas, conforme estabelecido nesta Seção.

**Artigo 7º:** Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS):

I – promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água;

II – estabelecer ações especificadas no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA);

III – estabelecer as ações próprias dos laboratórios de saúde pública, especificadas na Seção V desta Portaria;

IV – estabelecer diretrizes da vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem implementadas pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, respeitados os princípios do SUS;

V – estabelecer prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Tripartite; e

VI – executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

**Artigo 8º:** Compete à Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI/MS) executar, diretamente ou mediante parcerias, incluída a contratação de prestadores de serviços, as ações de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano nos sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água das aldeias indígenas.

**Artigo 9º:** Compete à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) apoiar as ações de controle da qualidade da água para consumo humano proveniente de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano, em seu âmbito de atuação, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos nesta Portaria.

**Artigo 10º:** Compete à ANVISA exercer a vigilância da qualidade da água nas áreas de portos, aeroportos e passagens de fronteiras terrestres, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos nesta Portaria, bem como diretrizes específicas pertinentes.

## **Seção II: Das Competências dos Estados**

**Artigo 11º:** Compete às Secretarias de Saúde dos Estados:

I – promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com os Municípios e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água;

II – desenvolver as ações especificadas no VIGIAGUA, consideradas as peculiaridades regionais e locais;

III – desenvolver as ações inerentes aos laboratórios de saúde pública, especificadas na Seção V desta Portaria;

IV – implementar as diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano definidas no âmbito nacional;

V – estabelecer as prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Bipartite;

VI – encaminhar aos responsáveis pelo abastecimento de água, quaisquer informações referentes a investigações de surto relacionado à qualidade da água para consumo humano;

VII – realizar, em parceria com os Municípios, nas situações de surto de doença diarréica aguda ou outro agravo de transmissão fecal-oral, os seguintes procedimentos:

a) análise microbiológica completa, de modo a apoiar a investigação epidemiológica e a identificação, sempre que possível, do gênero ou espécie de micro-organismos;

b) análise para pesquisa de vírus e protozoários, no que couber, ou encaminhamento das amostras para laboratórios de referência nacional, quando as amostras clínicas forem confirmadas para esses agentes e os dados epidemiológicos apontarem a água como via de transmissão;

c) envio das cepas de *Escherichia coli* aos laboratórios de referência nacional para identificação sorológica; e

VIII – executar as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Municípios, nos termos da regulamentação do SUS.

## **Seção III: Das Competências dos Municípios**

**Artigo 12º:** Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios:

I – exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano;

II – executar ações estabelecidas no VIGIAGUA, consideradas as peculiaridades regionais e locais, nos termos da legislação do SUS;

III – inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas no sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água,

notificando seus respectivos responsáveis para sanar a(s) irregularidade(s) identificada(s);

IV – manter articulação com as entidades de regulação quando detectadas falhas relativas à qualidade dos serviços de abastecimento de água, a fim de que sejam adotadas as providências concernentes a sua área de competência;

V – garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados, de acordo com mecanismos e os instrumentos disciplinados no Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005;

VI – encaminhar ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano, as informações sobre surtos e agravos à saúde relacionados à qualidade da água para consumo humano;

VII – estabelecer mecanismos de comunicação e informação com os responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água sobre os resultados das ações de controle realizadas;

VIII – executar as diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano definidas no âmbito nacional e estadual;

IX – realizar, em parceria com os Estados, nas situações de surto de doença diarreica aguda ou outro agravo de transmissão fecal/oral, os seguintes procedimentos:

a) análise microbiológica completa, de modo a apoiar a investigação epidemiológica e a identificação, sempre que possível, do gênero ou espécie de micro-organismos;

b) análise para pesquisa de vírus e protozoários, quando for o caso, ou encaminhamento das amostras para laboratórios de referência nacional, quando as amostras clínicas forem confirmadas para esses agentes e os dados epidemiológicos apontarem a água como via de transmissão;

c) envio das cepas de *Escherichia coli* aos laboratórios de referência nacional para identificação sorológica; e

X – cadastrar e autorizar o fornecimento de água tratada, por meio de solução alternativa coletiva, mediante avaliação e aprovação dos documentos exigidos no artigo 14 desta Portaria.

**Parágrafo único:** A autoridade municipal de saúde pública não autorizará o fornecimento de água para consumo humano, por meio de solução alternativa coletiva, quando houver rede de distribuição de água, exceto em situação de emergência e intermitência.

#### **Seção IV: Do Responsável pelo Sistema ou Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para Consumo Humano**

**Artigo 13º:** Compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:

I – exercer o controle da qualidade da água;

II – garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de

água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das demais normas pertinentes;

III – manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, nos termos desta Portaria, por meio de:

a) controle operacional do(s) ponto(s) de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, quando aplicável;

b) exigência, junto aos fornecedores, do laudo de atendimento dos requisitos de saúde estabelecidos em norma técnica da ABNT para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento de água;

c) exigência, junto aos fornecedores, do laudo de inocuidade dos materiais utilizados na produção e distribuição que tenham contato com a água;

d) capacitação e atualização técnica de todos os profissionais que atuam de forma direta no fornecimento e no controle da qualidade da água para consumo humano;

e) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes dos sistemas e das soluções alternativas coletivas, conforme plano de amostragem estabelecido nesta Portaria;

IV – manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:

a) ocupação da bacia contribuinte ao manancial;

b) histórico das características das águas;

c) características físicas do sistema;

d) práticas operacionais;

e) na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País;

V – encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade;

VI – fornecer à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios os dados de controle da qualidade da água para consumo humano, quando solicitado;

VII – monitorar a qualidade da água no ponto de captação, conforme estabelece o artigo 40 desta Portaria;

VIII – comunicar aos órgãos ambientais, aos gestores de recursos hídricos e ao órgão de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios qualquer alteração da qualidade da água no ponto de captação que comprometa a tratabilidade da água para consumo humano;

IX – contribuir com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, por meio de ações cabíveis para proteção do(s) manancial(ais) de abastecimento(s) e da(s) bacia(s) hidrográfica(s);

X – proporcionar mecanismos para recebimento de reclamações e manter registros atualizados sobre a qualidade da água distribuída, sistematizando-os de forma compreensível aos consumidores e disponibilizando-os para pronto acesso e consulta pública, em atendimento às legislações específicas de defesa do consumidor;

XI – comunicar imediatamente à autoridade de saúde pública municipal e informar adequadamente à população a detecção de qualquer risco à saúde, ocasionado por anomalia operacional no sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano ou por não-conformidade na qualidade da água tratada, adotando-se as medidas previstas no artigo 44 desta Portaria;

XII – assegurar pontos de coleta de água na saída de tratamento e na rede de distribuição, para o controle e a vigilância da qualidade da água.

**Artigo 14º:** O responsável pela solução alternativa coletiva de abastecimento de água deve requerer, junto à autoridade municipal de saúde pública, autorização para o fornecimento de água tratada, mediante a apresentação dos seguintes documentos:

I – nomeação do responsável técnico habilitado pela operação da solução alternativa coletiva;

II – outorga de uso, emitida por órgão competente, quando aplicável; e

III – laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água previstos nesta Portaria.

**Artigo 15º:** Compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador:

I – garantir que tanques, válvulas e equipamentos dos veículos transportadores sejam apropriados e de uso exclusivo para o armazenamento e transporte de água potável;

II – manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e a fonte de água;

III – manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água, previstos nesta Portaria;

IV – assegurar que a água fornecida contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L; e

V – garantir que o veículo utilizado para fornecimento de água contenha, de forma visível, a inscrição “ÁGUA POTÁVEL” e os dados de endereço e telefone para contato.

**Artigo 16º:** A água proveniente de solução alternativa coletiva ou individual, para fins de consumo humano, não poderá ser misturada com a água da rede de distribuição.

## **Seção V: Dos Laboratórios de Controle e Vigilância**

**Artigo 17º:** Compete ao Ministério da Saúde:

I – habilitar os laboratórios de referência regional e nacional para operacionalização das

análises de maior complexidade na vigilância da qualidade da água para consumo humano, de acordo com os critérios estabelecidos na Portaria nº 70/SVS/MS, de 23 de dezembro de 2004;

II – estabelecer as diretrizes para operacionalização das atividades analíticas de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

III – definir os critérios e os procedimentos para adotar metodologias analíticas modificadas e não contempladas nas referências citadas no artigo 22 desta Portaria.

**Artigo 18º:** Compete às Secretarias de Saúde dos Estados habilitar os laboratórios de referência regional e municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

**Artigo 19º:** Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios indicar, para as Secretarias de Saúde dos Estados, outros laboratórios de referência municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano, quando for o caso.

**Artigo 20º:** Compete aos responsáveis pelo fornecimento de água para consumo humano estruturar laboratórios próprios e, quando necessário, identificar outros para realização das análises dos parâmetros estabelecidos nesta Portaria.

**Artigo 21º:** As análises laboratoriais para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano podem ser realizadas em laboratório próprio, conveniado ou subcontratado, desde que se comprove a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025 (2005).

**Artigo 22º:** As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos nesta Portaria devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como:

I – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA, 2005), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF);

II – United States Environmental Protection Agency (USEPA);

III – Normas publicadas pela International Standardization Organization (ISO); e

IV – Metodologias propostas pela Organização Mundial à Saúde (OMS).

## **CAPÍTULO IV**

### **DAS EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AOS SISTEMAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COLETIVAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Artigo 23º:** Os sistemas e as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano devem contar com responsável técnico habilitado.

**Artigo 24º:** Toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.

**Parágrafo único:** As águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração.

**Artigo 25º:** A rede de distribuição de água para consumo humano deve ser operada sempre com pressão positiva em toda sua extensão.

**Artigo 26º:** Compete ao responsável pela operação do sistema de abastecimento de água para consumo humano notificar à autoridade de saúde pública e informar à respectiva entidade reguladora e à população, identificando períodos e locais, sempre que houver:

- I – situações de emergência com potencial para atingir a segurança de pessoas e bens;
- II – interrupção, pressão negativa ou intermitência no sistema de abastecimento;
- III – necessidade de realizar operação programada na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão negativa;
- IV – modificações ou melhorias de qualquer natureza nos sistemas de abastecimento; e
- V – situações que possam oferecer risco à saúde.

## **CAPÍTULO V DO PADRÃO DE POTABILIDADE**

**Artigo 27º:** A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no Anexo I e demais disposições desta Portaria.

§ 1º: No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para Coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

§ 2º: Nos sistemas de distribuição, as novas amostras devem incluir, no mínimo, uma amostra no ponto onde foi constatado o resultado positivo para Coliformes totais e duas amostras extras, sendo uma à montante e outra à jusante do local da amostra.

§ 3º: Para verificação do percentual mensal das amostras com resultados positivos de Coliformes totais, as amostras não devem ser consideradas no cálculo.

§ 4º: O resultado negativo para Coliformes totais das amostras não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 5º: Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para Coliformes totais no sistema de distribuição, expressa no Anexo I desta Portaria, não são tolerados resultados positivos que ocorram em amostra, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 6º: Quando o padrão microbiológico estabelecido no Anexo I desta Portaria for violado, os responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano devem informar à autoridade de saúde pública as medidas corretivas tomadas.

§ 7º: Quando houver interpretação duvidosa nas reações típicas dos ensaios analíticos na determinação de Coliformes totais e *Escherichia coli*, deve-se fazer a amostra.

**Artigo 28º:** A determinação de bactérias heterotróficas deve ser realizada como um dos parâmetros para avaliar a integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

§ 1º: A contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% (vinte por cento) das amostras mensais para análise de Coliformes totais nos sistemas de distribuição (reservatório e rede).

§ 2º: Na seleção dos locais para coleta de amostras devem ser priorizadas pontas de rede e locais que alberguem grupos populacionais de risco à saúde humana.

§ 3º: Alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas devem ser investigadas para identificação de irregularidade e providências devem ser adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), recomendando-se que não se ultrapasse o limite de 500 UFC/mL.

**Artigo 29º:** Recomenda-se a inclusão de monitoramento de vírus entéricos no(s) ponto(s) de captação de água proveniente(s) de manancial(is) superficial(is) de abastecimento, com o objetivo de subsidiar estudos de avaliação de risco microbiológico.

**Artigo 30º:** Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo II e devem ser observadas as demais exigências contidas nesta Portaria.

§ 1º: Entre os 5% (cinco por cento) dos valores permitidos de turbidez superiores ao VMP estabelecido no Anexo II desta Portaria, para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UNT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UNT em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

§ 2º: O valor máximo permitido de 0,5 UNT para água filtrada por filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), assim como o valor máximo permitido de 1,0 UNT para água filtrada por filtração lenta, estabelecidos no Anexo II desta Portaria, deverão ser atingidos conforme as metas progressivas definidas no Anexo III desta Portaria.

§ 3º: O atendimento do percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso no Anexo II desta Portaria, deve ser verificado mensalmente com base em amostras, preferencialmente no efluente individual de cada unidade de filtração, no mínimo diariamente para desinfecção ou filtração lenta e no mínimo a cada duas horas para filtração rápida.

**Artigo 31º:** Os sistemas de abastecimento e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam mananciais superficiais devem realizar monitoramento mensal de *Escherichia coli* no(s) ponto(s) de captação de água.

§ 1º: Quando for identificada a média geométrica anual maior ou igual a **1.000 nmp/100mL de *Escherichia coli*** deve-se realizar monitoramento de cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.* no(s) ponto(s) de captação de água.

§ 2º: Quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium spp.* for maior ou igual a 3,0 oocistos/L no(s) pontos(s) de captação de água, recomenda-se a obtenção

de efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 UNT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprovadamente alcance a mesma eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium spp.*

§ 3º: Entre os 5% (cinco por cento) das amostras que podem apresentar valores de turbidez superiores ao VMP estabelecido no § 2º do artigo 30 desta Portaria, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser menor ou igual a 1,0 UNT, para filtração rápida e menor ou igual a 2,0 UNT para filtração lenta.

§ 4º: A concentração média de oocistos de *Cryptosporidium spp.* referida no § 2º deste artigo deve ser calculada considerando um número mínimo de 24 (vinte e quatro) amostras uniformemente coletadas ao longo de um período mínimo de um ano e máximo de dois anos.

**Artigo 32º:** No controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI desta Portaria.

§ 1º: Para aplicação dos Anexos IV, V e VI deve-se considerar a temperatura média mensal da água.

§ 2º: No caso da desinfecção com o uso de ozônio, deve ser observado o produto, concentração e tempo de contato (CT) de 0,16 mg.min/L para temperatura média da água de 15º C.

§ 3º: Para valores de temperatura média da água diferentes de 15ºC, deve-se proceder aos seguintes cálculos:

I – para valores de temperatura média abaixo de 15ºC: duplicar o valor de CT a cada decréscimo de 10ºC.

II – para valores de temperatura média acima de 15ºC: dividir por dois o valor de CT a cada acréscimo de 10ºC.

§ 4º: No caso da desinfecção por radiação ultravioleta, deve ser observada a dose mínima de 1,5 mJ/cm<sup>2</sup> para 0,5 log de inativação de cisto de *Giardia spp.*

**Artigo 33º:** Os sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por *Escherichia coli* devem realizar cloração da água mantendo o residual mínimo do sistema de distribuição (reservatório e rede), conforme as disposições contidas no artigo 34 desta Portaria.

§ 1º: Quando o manancial subterrâneo apresentar contaminação por *Escherichia coli*, no controle do processo de desinfecção da água, devem ser observados os valores do produto de concentração residual de desinfetante na saída do tanque de contato e o tempo de contato expressos nos Anexos IV, V e VI desta Portaria ou a dose mínima de radiação ultravioleta expressa no § 4º do artigo 32 desta Portaria.

§ 2º: A avaliação da contaminação por *Escherichia coli* no manancial subterrâneo deve ser feita mediante coleta mensal de uma amostra de água em ponto anterior ao local de desinfecção.

**§ 3º:** Na ausência de tanque de contato, a coleta de amostras de água para a verificação da presença/ausência de *Coliformes totais* em sistemas de abastecimento e soluções alternativas coletivas de abastecimento de águas, supridas por manancial subterrâneo, deverá ser realizada em local à montante ao primeiro ponto de consumo.

**Artigo 34º:** É obrigatória a manutenção de, no mínimo, **0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro** em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

**Artigo 35º:** No caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante, deverá ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede), de acordo com as disposições do artigo 34 desta Portaria.

**Artigo 36º:** Para a utilização de outro agente desinfetante, além dos citados nesta Portaria, deve-se consultar o Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS.

**Artigo 37º:** A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e com o padrão de cianotoxinas, expressos nos Anexos VII e VIII e demais disposições desta Portaria.

**§ 1º:** No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar a Portaria nº 635/GM/MS de 30 de janeiro de 1976, não podendo ultrapassar o VMP expresso na Tabela do Anexo VII desta Portaria.

**§ 2º:** As concentrações de cianotoxinas referidas no Anexo VIII desta Portaria devem representar as contribuições da fração intracelular e da fração extracelular na amostra analisada.

**§ 3º:** Em complementação ao previsto no Anexo VIII desta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros potencialmente produtores de cilindros Permpsinas no monitoramento de cianobactérias, previsto no § 112 do artigo 40 desta Portaria, recomenda-se a análise dessas cianotoxinas, observando o valor máximo aceitável de 1,0 µg/L.

**§ 4º:** Em complementação ao previsto no Anexo VIII desta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros de cianobactérias potencialmente produtores de Anatoxina-a(s) no monitoramento de cianobactérias previsto no § 1º do artigo 40 desta Portaria, recomenda-se a análise da presença desta cianotoxina.

**Artigo 38º:** Os níveis de triagem que conferem potabilidade da água do ponto de vista radiológico são valores de concentração de atividade que não excedem 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1Bq/L para beta total.

**Parágrafo único:** Caso os níveis de triagem citados neste artigo sejam superados, deve ser realizada análise específica para os radionuclídeos presentes e o resultado deve ser comparado com os níveis de referência do Anexo IX desta Portaria.

**Artigo 39º:** A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no anexo X desta Portaria.

§ 1º: Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º: Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L.

§ 3º: Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos VII, VIII, IX e X, eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água e não de forma pontual.

§ 4º: Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo X desta Portaria, desde que sejam observados os seguintes critérios:

I – os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no artigo 13 desta Portaria e nas normas da ABNT;

II – os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e

III – as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente.

§ 5º: O responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água deve encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios informações sobre os produtos químicos utilizados e a comprovação de baixo risco à saúde, conforme preconizado no artigo 13 e nas normas da ABNT.

## **CAPÍTULO VI DOS PLANOS DE AMOSTRAGEM**

**Artigo 40º:** Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial e subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana.

§ 1º: Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, deve ser realizado o monitoramento de cianobactérias, buscando-se identificar os diferentes gêneros, no ponto de captação do manancial superficial, de acordo com a tabela do Anexo XI desta Portaria, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem.

§ 2º: Em complementação ao monitoramento do Anexo XI desta Portaria, recomenda-se a análise de Clorofila-a no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias.

§ 3º: Quando os resultados da análise prevista no § 2º deste artigo revelarem que a concentração de Clorofila-a em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais,

deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias.

**§ 4º:** Quando a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/ml, deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal.

**§ 5º:** Quando as concentrações de cianotoxinas no manancial forem menores que seus respectivos VMPs para água tratada, será dispensada a análise de cianotoxinas na saída do tratamento de que trata o Anexo XII desta Portaria.

**§ 6º:** Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células.

**§ 7º:** As autoridades ambientais e de recursos hídricos definirão a regulamentação das excepcionalidades sobre o uso de algicidas nos cursos d'água superficiais.

**Artigo 41º:** Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano devem elaborar e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema e solução, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nos Anexos XI, XII, XIII e XIV.

**§ 1º:** A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

- I – distribuição uniforme das coletas ao longo do período;
- II – representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como:
  - a) aqueles próximos a grande circulação de pessoas: terminais rodoviários, terminais ferroviários, entre outros;
  - b) edifícios que alberguem grupos populacionais de risco, tais como hospitais, creches e asilos;
  - c) aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição como pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, entre outros; e
  - d) locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas os agentes de veiculação hídrica.

**§ 2º:** No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto no Anexo XII, não se incluem as amostras extras (recoletas).

**§ 3º:** Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas, deve ser efetuada medição de turbidez e de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

**§ 4º:** Quando detectada a presença de cianotoxinas na água tratada, na saída do tratamento, será obrigatória a comunicação imediata às clínicas de hemodiálise e às indústrias de injetáveis.

**§ 5º:** O plano de amostragem para os parâmetros de agrotóxicos deverá considerar a avaliação dos seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas.

**§ 6º:** Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expressos nos Anexos VII, VIII, IX e X desta Portaria, a detecção de eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água.

**§ 7º:** Para populações residentes em áreas indígenas, populações tradicionais, dentre outras, o plano de amostragem para o controle da qualidade da água deverá ser elaborado de acordo com as diretrizes específicas aplicáveis a cada situação.

## **CAPÍTULO VII DAS PENALIDADES**

**Artigo 42º:** Serão aplicadas as sanções administrativas previstas na Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, aos responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água que não observarem as determinações constantes desta Portaria, sem prejuízo das sanções de natureza civil ou penal cabíveis.

**Artigo 43º:** Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal dos Municípios, ou órgãos equivalentes, assegurar o cumprimento desta Portaria.

## **CAPÍTULO VIII DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS**

**Artigo 44º:** Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

**Artigo 45º:** É facultado ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de parâmetros estabelecidos nesta Portaria, mediante justificativa fundamentada.

**Parágrafo único:** Uma vez formulada a solicitação prevista no caput deste artigo, a autoridade de saúde pública decidirá no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com base em análise fundamentada no histórico mínimo de dois anos do controle da qualidade da água considerando os respectivos planos de amostragens e de avaliação de riscos à saúde, da zona de captação e do sistema de distribuição.

**Artigo 46º:** Verificadas características desconformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco à saúde, conforme relatório técnico, a autoridade de saúde pública competente determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano que: I – amplie o número mínimo de amostras; II – aumente a frequência de amostragem; III – realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais.

**Artigo 47º:** Constatada a inexistência de setor responsável pela qualidade da água na Secretaria de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, os deveres e as responsabilidades previstos, respectivamente, nos artigos 11 e 12 desta Portaria serão cumpridos pelo órgão equivalente.

**Artigo 48º:** O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da SVS/MS, a revisão desta Portaria no prazo de 5 (cinco) anos ou a qualquer tempo.

**Parágrafo único:** Os órgãos governamentais e não-governamentais, de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação, poderão requerer a revisão desta Portaria, mediante solicitação justificada, sujeita a análise técnica da SVS/MS.

**Artigo 49º:** Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação da mesma promovam as adequações necessárias ao seu cumprimento, no que se refere ao monitoramento dos parâmetros gosto e odor, saxitoxina, cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.*

**§ 1º:** Para o atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 UNT para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), fica estabelecido o prazo de 4 (quatro) anos para cumprimento, contados da data de publicação desta Portaria, mediante o cumprimento das etapas previstas no §2º do artigo 30 desta Portaria.

**§ 2º:** Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os laboratórios referidos no artigo 21 desta Portaria promovam as adequações necessárias para a implantação do sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025/2005.

**§ 3º:** Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação da mesma promovam as adequações necessárias no que se refere ao monitoramento dos parâmetros que compõem o padrão de radioatividade expresso no Anexo IX desta Portaria.

**Artigo 50º:** A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão adotar as medidas necessárias ao fiel cumprimento desta Portaria.

**Artigo 51º:** Ao Distrito Federal competem as atribuições reservadas aos Estados e aos Municípios.

**Artigo 52º:** Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

**Artigo 53º:** Fica revogada a Portaria nº 518/GM/MS, de 25 de março de 2004, publicada no Diário Oficial da União, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.

ALEXANDRE ROCHA SANTOS PADILHA

**ANEXOS DA PORTARIA PORTARIA nº 2.914 (MS) (2011)**

**ANEXO I**

**Tabela de padrão microbiológico da água para consumo humano**

Tipo de água		Parâmetro		VMP <sup>1</sup>
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> <sup>2</sup>		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais <sup>3</sup>		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	<i>Escherichia coli</i>		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais <sup>4</sup>	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes.	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes.	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

1- Valor Máximo Permitido.

2- Indicador de contaminação fecal.

3- Indicador de eficiência de tratamento.

4- Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

## ANEXO II

**Tabela de padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção**

Tratamento da água	VMP <sup>1</sup>
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT <sup>2</sup> em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 <sup>3</sup> uT <sup>2</sup> em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 <sup>3</sup> uT <sup>2</sup> em 95% das amostras

1- Valor Máximo Permitido.

2- Unidade de Turbidez.

3- Este valor deve atender ao padrão de turbidez de acordo com o especificado no § 2º do art. 30.

## ANEXO III

**Tabela de metas progressivas para atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 uT para filtração rápida e de 1,0 uT para filtração lenta**

Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)		
Período após a publicação da Portaria	Turbidez ≤ 0,5 uT	Turbidez ≤ 1,0 uT
Final do 1º ano	Em no mínimo 25% das amostras mensais coletadas	No restante das amostras mensais coletadas
Final do 2º ano	Em no mínimo 50% das amostras mensais coletadas	
Final do 3º ano	Em no mínimo 75% das amostras mensais coletadas	
Final do 4º ano	Em no mínimo 95% das amostras mensais coletadas	
Filtração lenta		
Período após a publicação da Portaria	Turbidez ≤ 1,0uT	Turbidez ≤ 2,0 uT
Final do 1º ano	Em no mínimo 25% das amostras mensais coletadas	No restante das amostras mensais coletadas
Final do 2º ano	Em no mínimo 50% das amostras mensais coletadas	
Final do 3º ano	Em no mínimo 75% das amostras mensais coletadas	
Final do 4º ano	Em no mínimo 95% das amostras mensais coletadas	

## ANEXO IV

Tabela de tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água<sup>1</sup>

C <sup>2</sup>	Temperatura = 5°C										Temperatura = 10°C										Temperatura = 15°C									
	Valores de pH										Valores de pH										Valores de pH									
	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0									
≤0,4	38	47	58	70	83	98	114	27	33	41	49	58	70	80	19	24	29	35	41	48	57									
0,6	27	34	41	49	59	69	80	19	24	29	35	41	49	57	13	17	20	25	29	34	40									
0,8	21	26	32	39	46	54	63	15	19	23	27	32	38	45	11	13	16	19	23	27	31									
1,0	17	22	26	32	38	45	52	12	15	19	23	27	32	37	9	11	13	16	19	22	26									
1,2	15	19	23	27	32	38	45	11	13	16	19	23	27	32	7	9	11	14	16	19	22									
1,4	13	16	20	24	28	34	39	9	11	14	17	20	24	28	7	8	10	12	14	17	20									
1,6	12	15	18	21	25	30	35	8	10	16	15	18	21	25	6	7	9	11	13	15	17									
1,8	11	13	16	19	23	27	32	7	9	11	14	16	19	22	5	7	8	10	11	14	16									
2,0	10	12	15	18	21	25	29	7	8	10	12	15	17	20	5	6	7	9	10	12	14									
2,2	9	11	14	16	19	23	27	6	8	10	12	14	16	19	5	6	7	8	10	11	13									
2,4	8	10	13	15	18	21	25	6	7	9	11	13	15	17	4	5	6	8	9	11	12									
2,6	8	10	12	14	17	20	23	5	7	8	10	12	14	16	4	5	6	7	8	10	12									
2,8	7	9	11	13	15	19	22	5	6	8	9	11	13	15	4	4	5	7	8	9	11									
3,0	7	9	10	13	15	18	20	5	6	7	9	11	12	14	3	4	5	6	8	9	10									

1- Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

2- C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/l).

Tabela de tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloração, de acordo com concentração de cloro residual livre, com a temperatura e o pH da água<sup>1</sup>

C <sup>2</sup>	Temperatura = 20°C										Temperatura = 25°C										Temperatura = 30°C									
	Valores de pH					Valores de pH					Valores de pH					Valores de pH					Valores de pH									
	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	≤6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0		
≤0,4	14	17	20	25	29	34	40	9	12	14	18	21	24	28	6	8	10	12	15	17	20	6	8	10	12	15	17	20		
0,6	10	12	14	17	21	24	28	7	8	10	12	15	17	20	5	6	7	9	10	12	14	5	6	7	9	10	12	14		
0,8	7	9	11	14	16	19	22	5	6	8	10	11	13	16	3	5	6	7	8	10	11	3	5	6	7	8	10	11		
1,0	6	8	9	11	13	16	18	4	5	6	8	9	11	13	3	4	5	6	7	8	9	3	4	5	6	7	8	9		
1,2	5	7	8	10	11	13	16	4	5	5	7	8	10	11	3	3	3	5	6	7	8	3	3	3	5	6	7	8		
1,4	5	6	7	9	10	11	14	3	4	5	6	7	8	10	2	3	3	4	5	6	7	2	3	3	4	5	6	7		
1,6	4	5	6	8	9	11	12	3	4	4	5	6	7	9	2	3	3	4	4	5	6	2	3	3	4	4	5	6		
1,8	4	5	6	7	8	10	12	3	3	4	5	6	7	8	2	2	3	3	4	5	6	2	2	3	3	4	5	6		
2,0	3	4	5	6	7	9	10	2	3	4	4	5	6	7	2	2	2	3	3	4	5	2	2	3	3	4	4	5		
2,2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	3	4	5	6	7	2	2	2	3	3	4	5	2	2	3	3	4	4	5		
2,4	3	4	4	5	6	8	9	2	3	3	4	4	5	6	2	2	2	3	3	4	4	2	2	3	3	4	4	4		
2,6	3	3	4	5	6	7	8	2	2	3	3	4	5	6	1	1	2	3	3	4	5	1	2	2	3	3	4	4		
2,8	3	3	4	5	6	7	8	2	2	3	3	4	5	5	1	1	2	2	3	4	5	1	2	2	3	3	4	4		
3,0	2	3	4	4	5	6	7	2	2	3	3	4	4	5	1	1	2	2	3	4	5	1	2	2	3	3	4	4		

1- Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

2- C: residual de cloro livre na saída do tanque de contato (mg/L).

## ANEXO V

Tabela de tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção por meio da cloraminação, de acordo com a concentração de cloro residual combinado (cloraminas) e com a temperatura da água, para valores de pH da água entre 6 e 9<sup>1</sup>

C <sup>2</sup>	Temperatura (°C)					
	5	10	15	20	25	30
≤ 0,4	923	773	623	473	323	173
0,6	615	515	415	315	215	115
0,8	462	387	312	237	162	87
1,0	369	309	249	189	130	69
1,2	308	258	208	158	108	58
1,4	264	221	178	135	92	50
1,6	231	193	156	118	81	43
1,8	205	172	139	105	72	39
2,0	185	155	125	95	64	35
2,2	168	141	113	86	59	32
2,4	154	129	104	79	54	29
2,6	142	119	96	73	50	27
2,8	132	110	89	67	46	25
3,0	123	103	83	63	43	23

1- Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

2- C: residual de cloro combinado na saída do tanque de contato (mg/l).

## ANEXO VI

Tabela de tempo de contato mínimo (minutos) a ser observado para a desinfecção com dióxido de cloro, de acordo com concentração de dióxido de cloro e com a temperatura da água, para valores de pH da água entre 6 e 9<sup>1</sup>

C <sup>2</sup>	Temperatura (°C)					
	5	10	15	20	25	30
≤ 0,4	13	9	8	7	6	6
0,6	9	6	5	6	4	4
0,8	7	5	4	4	3	3
1,0	5	4	3	3	3	2
1,2	4	3	3	3	2	2
1,4	4	3	2	2	2	2
1,6	3	2	2	2	2	1
1,8	3	2	2	2	1	1
2,0	3	2	2	2	1	1
2,2	2	2	2	1	1	1
2,4	2	2	1	1	1	1
2,6	2	2	1	1	1	1
2,8	2	1	1	1	1	1
3,0	2	1	1	1	1	1

1- Valores intermediários aos constantes na tabela podem ser obtidos por interpolação.

2- C: residual de dióxido de cloro na saída do tanque de contato (mg/l).

## ANEXO VII

Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

Parâmetro	CAS <sup>1</sup>	Unidade	VMP <sup>2</sup>
<b>Inorgânicas</b>			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
<b>Orgânicas</b>			
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo(a)pireno	50-32-8	µg/L	0,7

continua

Parâmetro	CAS <sup>1</sup>	Unidade	VMP <sup>2</sup>
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/l	2
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/l	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/l	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis) 156-60-5 (trans)	µg/l	50
Diclorometano	75-09-2	µg/l	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/l	8
Estireno	100-42-5	µg/l	20
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/l	9
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/l	4
Tetracloroetano	127-18-4	µg/l	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1) 1,3,5-TCB (108-70-3) 1,2,3-TCB (87-61-6)	µg/l	20
Tricloroetano	79-01-6	µg/l	20
<b>Agrotóxicos</b>			
2,4 D + 2,4,5 T	94-75-7 (2,4 D) 93-76-5 (2,4,5 T)	µg/l	30
Alaclor	15972-60-8	µg/l	20
Aldicarbe + Aldicarbesulfona +Aldicarbesulfóxido	116-06-3 (aldicarbe) 1646-88-4 (aldicarbesulfona) 1646-87-3 (aldicarbe sulfóxido)	µg/l	10
Aldrin + Dieldrin	309-00-2 (aldrin) 60-57-1 (dieldrin)	µg/l	0,03
Atrazina	1912-24-9	µg/l	2

continua

Parâmetro	CAS <sup>1</sup>	Unidade	VMP <sup>2</sup>
Carbendazim + benomil	10605-21-7 (carbendazim) 17804-35-2 (benomil)	µg/L	120
Carbofurano	1563-66-2	µg/L	7
Clordano	5103-74-2	µg/L	0,2
Clorpirifós + clorpirifós-oxon	2921-88-2 (clorpirifós) 5598-15-2 (clorpirifós-oxon)	µg/L	30
DDT+DDD+DDE	p,p'-DDT (50-29-3) p,p'-DDD (72-54-8) p,p'-DDE (72-55-9)	µg/L	1
Diuron	330-54-1	µg/L	90
Endossulfan (α, β e sais) <sup>3</sup>	115-29-7; I (959-98-8); II (33213-65-9); sulfato (1031-07-8)	µg/L	20
Endrin	72-20-8	µg/L	0,6
Glifosato + AMPA	1071-83-6 (glifosato) 1066-51-9 (AMPA)	µg/L	500
Lindano (gama HCH) <sup>4</sup>	58-89-9	µg/L	2
Mancozebe	8018-01-7	µg/L	180
Metamidofós	10265-92-6	µg/L	12
Metolacloz	51218-45-2	µg/L	10
Molinato	2212-67-1	µg/L	6
Parationa Metilica	298-00-0	µg/L	9
Pendimentalina	40487-42-1	µg/L	20
Permetrina	52645-53-1	µg/L	20
Profenofós	41198-08-7	µg/L	60

continua

Parâmetro	CAS <sup>1</sup>	Unidade	VMP <sup>2</sup>
Simazina	122-34-9	µg/L	2
Tebuconazol	107534-96-3	µg/L	180
Terbufós	13071-79-9	µg/L	1,2
Trifluralina	1582-09-8	µg/L	20
Desinfetantes e Produtos Secundários da Desinfecção <sup>5</sup>			
Ácidos haloacéticos total	6	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0,01
Clorito	7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Cloraminas Total	10599-903	mg/L	4,0
2,4,6 Triclorofenol	88-06-2	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	7	mg/L	0,1

1- CAS é o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo *Chemical Abstract Service*.

2- Valor Máximo Permitido.

3- Somatório dos isômeros *alfa*, *beta* e os sais de endossulfan, como exemplo o sulfato de endossulfan.

4- Esse parâmetro é usualmente e equivocadamente, conhecido como BHC.

5- Análise estigida de acordo com o desinfetante utilizado.

6- Ácidos haloacéticos: Ácido monodloroacético (MCAA) – CAS = 79-11-8, Ácido monobromoacético (MBAA) – CAS = 79-08-3, Ácido dicloroacético (DCAA) – CAS = 79-43-6, Ácido 2,2 – dicloropropiônico (DALAPON) – CAS = 75-99-0, Ácido tricloroacético (TCAA) – CAS = 76-03-9, Ácido bromodloroacético (BCAA) CAS = 5589-96-3, 1,2,3, tricloropropano (P) – CAS = 96-18-4, Ácido dibromoacético (DBAA) – CAS = 631-64-1, e Ácido bromodloroacético (BDCAA) – CAS = 7113-314-7.

7- Trihalometanos: Triclorometano ou Clorofórmio (TCM) – CAS = 67-66-3, Bromodlorometano (BDCM) – CAS = 75-27-4, Dibromodlorometano (DBCM) – CAS = 124-48-1, Tribromometano ou Bromofórmio (TBM) – CAS = 75-25-2.

## ANEXO VIII

### Tabela de padrão de cianotoxinas da água para consumo humano

Cianotoxinas		
Parâmetro <sup>1</sup>	Unidade	VMP <sup>2</sup>
Microcistinas	µg/L	1,0 <sup>3</sup>
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L	3,0

1- A frequência para o controle de cianotoxinas está prevista na tabela do Anexo XII.

2- Valor Máximo Permitido.

3- O valor representa o somatório das concentrações de todas as variantes de microcistinas.

## ANEXO IX

Tabela de padrão de radioatividade da água para consumo humano

Parâmetro <sup>1</sup>	Unidade	VMP
Rádio-226	Bq/L	1
Rádio-228	Bq/L	0,1

1- Sob solicitação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, outros radionuclídeos devem ser investigados.

## ANEXO X

Tabela de padrão organoléptico de potabilidade

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP <sup>1</sup>
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente <sup>2</sup>	-	uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total	-	mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor <sup>3</sup>	-	Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	-	mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)	-	mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez <sup>4</sup>	-	uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

1- Valor máximo permitido.

2- Unidade Hazen (mgPt-Co/l).

3- Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

4- Unidade de turbidez.

## ANEXO XI

Tabela de frequência de monitoramento de cianobactérias no manancial de abastecimento de água

Quando a densidade de cianobactérias (células/mL) for:	Frequência
≤ 10.000	Mensal
> 10.000	Semanal

## ANEXO XII

Tabela de número mínimo de amostras e frequência para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de distribuição (reservatórios e redes)						
		Nº Amostras	Frequência	Número de amostras		Frequência				
				< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.	
Cor	Superficial	1	A cada 2 horas	10	1 para cada 5 mil hab	40 + (1 para cada 25 mil hab)	Mensal			
	Subterrâneo	1	Semanal	5	1 para cada 10 mil hab	20 + (1 para cada 50 mil hab)	Mensal			
Turbidez, Cloro Residual Livre <sup>1</sup> , Cloraminas <sup>1</sup> , Dióxido de Cloro <sup>1</sup>	Superficial	1	A cada 2 horas	Conforme § 3º do Artigo 41				Conforme § 3º do Artigo 41		
	Subterrâneo	1	2 vezes por semana	Conforme § 3º do Artigo 41				Conforme § 3º do Artigo 41		
pH e fluoreto	Superficial	1	A cada 2 horas	Dispensada a análise				Dispensada a análise		
	Subterrâneo	1	2 vezes por semana	Dispensada a análise				Dispensada a análise		
Gosto e odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensada a análise				Dispensada a análise		
	Subterrâneo	1	Semanal	Dispensada a análise				Dispensada a análise		
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal quando nº de cianobactérias ≥ 20.000 células/mL	Dispensada a análise				Dispensada a análise		
	Subterrâneo	1	Trimestral	1 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	Trimestral	Trimestral	Semanal	Semanal
Produtos secundários da desinfecção	Superficial	1	Trimestral	1 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	Trimestral	Trimestral	Semanal	Semanal
	Subterrâneo	1	Dispensada a análise	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	Trimestral	Trimestral	Semanal	Semanal
Demais parâmetros <sup>3,4</sup>	Superficial ou Subterrâneo	1	Semanal	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	1 <sup>2</sup>	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal

## ANEXO XIII

Tabela de número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida

Parâmetro	Saída do Tratamento (Número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede)			
		População abastecida			
		< 5.000 hab.	5.000 a 20.000 hab.	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Coliformes totais	Duas amostras semanais <sup>1</sup>	10	1 para cada 500 hab.	30 + (1 para cada 2.000 hab.)	105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000
<i>Escherichia coli</i>					

1- Recomenda-se a coleta de, no mínimo, quatro amostras semanais.

## ANEXO XIV

Tabela de número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa coletiva, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (para água canalizada)	Número de amostras retiradas no ponto de consumo (para cada 500 hab.)	Frequência de amostragem
Cor, turbidez, pH e coliformes totais <sup>1 e 2</sup>	Superficial	1	1	Semanal
	Subterrâneo	1	1	Mensal
Cloro residual livre <sup>1</sup>	Superficial ou Subterrâneo	1	1	Diário

1- Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada uma análise de cloro residual livre em cada carga e uma análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, pH e coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

2- O número e a frequência de amostras coletadas no sistema de distribuição para pesquisa de *Escherichia coli* devem seguir o determinado para coliformes totais.

## ANEXO 6

### Governo do Estado do Rio Grande do Sul

Secretaria do Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável  
Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA)/RS

### Resolução nº 355 do CONSEMA, de 13/07/2017<sup>6</sup>

(Publicado no DOE – RS em 19/07/ 2017)

Dispõe sobre os **critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras** que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

O Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONSEMA no uso de suas atribuições, que lhe conferem a Lei nº 10.330, de 27 de dezembro de 1994, e:

- considerando a necessidade de preservar a qualidade ambiental, de saúde pública e dos recursos naturais, quanto ao lançamento de efluentes líquidos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul;

- considerando a necessidade de revisão da forma de controle e fiscalização das atividades geradoras de efluentes líquidos, levando em conta a natureza da atividade e a condição atual das águas superficiais do Estado do Rio Grande do Sul;

- considerando a necessidade de revisão da Resolução nº 128 do CONSEMA (2006), que dispõe sobre a fixação de padrões de emissão de efluentes líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul;

- considerando a Resolução nº 245 do CONSEMA (2010), que dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitário;

- considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das Classes dos corpos hídricos receptores, em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos;

- considerando a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base, dentre outros, nos seguintes princípios fundamentais: através da adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais; pela utilização de tecnologias apropriadas;

- considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;

- considerando a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) (Anexo 2), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;

<sup>6</sup> fonte: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>

- considerando a Resolução nº 430 do CONAMA (2011) (Anexo 5), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005 (Anexo 2);

- considerando a Lei Estadual nº 11.520, de 03 de agosto de 2000, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente;

- considerando o relevante interesse público na universalização da coleta e tratamento de esgoto sanitário no Estado do Rio Grande do Sul, pelos impactos positivos sobre a saúde pública e meio ambiente;

- considerando que a implantação de um sistema de esgotamento sanitário representa redução de cargas poluidoras já existentes e que impactam o meio ambiente, ou seja, é uma medida de proteção sanitária e ambiental. Resolve:

**Artigo 1º:** Fixar critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.

**Artigo 2º:** Para os efeitos desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I – Águas costeiras: águas de superfície que se localizam entre a terra e uma linha, cujos pontos se encontram a uma distância de uma milha náutica na direção do mar, a partir do ponto mais próximo da linha de base a de delimitação de águas territoriais, estendendo-se, quando aplicável, até o limite exterior das águas de transição;

II – Águas de transição: massas de águas de superfície junto a foz dos rios, que têm um caráter parcialmente salgado em resultado da proximidade de águas costeiras, mas que são significativamente influenciadas por cursos de água doce;

III – Águas interiores: todas as águas lênticas ou correntes à superfície do solo e todas as águas subterrâneas que se encontram entre terra e a linha de base a partir da qual são marcadas as águas territoriais;

IV – Ambiente lêntico: ambiente que se refere a água parada, com movimento lento ou estagnado;

V – Águas subterrâneas: todas as águas que se encontram abaixo da superfície do solo na zona de saturação e em contato direto com o solo ou com o subsolo, formando lençóis freáticos ou aquíferos;

VI – Águas superficiais: são as águas interiores, com exceção das águas subterrâneas e das águas costeiras;

VII – Alíquota do efluente: é um volume do efluente líquido coletado proporcional à vazão de lançamento do mesmo, naquele instante, em intervalos pré-estabelecidos e num período determinado de tempo, para compor uma amostra composta ou não a ser analisada;

VIII – Amostragem composta: volume de efluente líquido composto pelas alíquotas coletadas;

IX – Amostragem simples: volume de efluente líquido coletado ao acaso, num

determinado instante, também chamada de amostragem instantânea;

X – Carbamatos: compostos derivados do ácido carbâmico, mais particularmente do ácido N-metilcarbâmico;

XI – Carga lançada: quantidade de determinado poluente lançado em um corpo hídrico receptor, expressa em unidade de massa por tempo;

XII – Coliformes termotolerantes: subgrupo das bactérias do grupo Coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

XIII – Compostos organoclorados: compostos orgânicos formados por átomos de carbono, cloro, hidrogênio e, algumas vezes, oxigênio, incluindo um número variável de ligações C-Cl, excluindo-se desta definição os compostos do tipo dioxinas (PCDDs e PCDFs);

XIV – Compostos organofosforados: compostos orgânicos formados por átomos de carbono, hidrogênio e fósforo;

XV – Corpo hídrico receptor: qualquer ambiente de água superficial que recebe o lançamento de efluentes líquidos;

XVI – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>): quantidade de oxigênio consumida em 5 (cinco) dias a  $20^{\circ}\text{C}$ , na oxidação microbiológica da matéria orgânica biodegradável de uma amostra de água ou efluente que foi incubada com volume conhecido;

XVII – Demanda Química de Oxigênio (DQO): quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria oxidável de uma amostra de água ou efluente, através do uso de um agente químico oxidante, analisada com um volume conhecido. Quantifica a matéria orgânica mais os compostos inorgânicos oxidáveis;

XVIII – Efluente líquido de fontes poluidoras: despejo líquido oriundo de atividades industriais, de drenagem contaminada, de mineração, de criação confinada, de estabelecimentos comerciais, domésticos, públicos, recreativos e outros;

XIX – Efluente líquido industrial: despejo líquido resultante de qualquer atividade produtiva, oriunda prioritariamente de áreas de transformação de matérias primas em produtos acabados;

XX – Efluente líquido sanitário: despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;

XXI – Enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXII – Ensaio de Toxicidade: ensaio utilizado para avaliar a capacidade inerente da amostra em produzir efeitos deletérios nos organismos-teste específicos;

XXIII – Escherichia coli: bactéria do grupo Coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas. Produz Indol a partir do Triptofano, oxidase negativa. Não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -

glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos no meio analisado. Está presente no intestino de animais de sangue quente (**homeotérmicos** ou **animais** de temperatura constante).

XXIV – Estação de Tratamento de Efluentes (ETE): conjunto de unidades implantadas com a finalidade de reduzir a carga poluidora de efluentes, para atingir o conseqüente enquadramento de suas qualidades nos padrões de emissão fixados pelas respectivas legislações;

XXV – Estudo de Capacidade de Suporte do Corpo Hídrico Receptor: pesquisa realizada por profissional habilitado utilizando modelos reconhecidos pela literatura especializada para simular os processos físicos, químicos e biológicos atuantes na capacidade de autodepuração dos corpos hídricos, após a perturbação por lançamentos de efluentes.

XXVI – Faixa de vazão: intervalo das vazões de lançamento de efluentes líquidos, utilizado para enquadramento das fontes, considerando a vazão média em 24 horas, visando a fixação de padrão de emissão;

XXVII – Monitoramento: medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle quali-quantitativo do corpo hídrico;

XXVIII – Organismo-Teste: organismo utilizado em ensaios de toxicidade, para avaliação da amostra, em termos da toxicidade de determinado (s) composto (s) ou íon (s) ou elementos presentes na mesma;

XXIX – Padrão de emissão: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais;

XXX – Poluentes Orgânicos Prioritários: parâmetros para os quais são definidos padrões de qualidade das águas, de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA de 17 de março de 2005, bem como parâmetros contemplados na Portaria nº 518/GM de 25 março de 2004, que aprova a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano. Incluem-se os compostos organoclorados, organofosforados e carbamatos, e outros parâmetros considerados relevantes, como contaminantes de águas, a critério do órgão ambiental competente;

XXXI – Sistema de Esgotamento Sanitário (SES): é aquele destinado à coleta, ao tratamento e à disposição final dos efluentes sanitários;

XXXII – Toxicidade: propriedade potencial que uma amostra analisada possui de provocar efeito adverso em conseqüência de sua interação com organismo-teste;

XXXIII – Vazão de referência do corpo hídrico receptor (Qchr): 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;

XXXIV – Virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar, ou

seja, aparentemente ausente;

XXXV – Vazão do efluente (Qe): é a vazão média prevista para lançamento em corpo hídrico receptor.

**Artigo 3º:** Esta Resolução aplica-se a todas as atividades geradoras de efluentes líquidos e que contemplem o lançamento dos mesmos em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, excluindo lançamentos no mar e infiltrações no solo, que serão objeto de avaliações independentes no licenciamento pelo órgão ambiental competente.

**Artigo 4º:** Os padrões de emissão estabelecidos nesta Resolução se referem tanto a coletas de efluentes realizadas por amostragem simples quanto por amostragem composta.

**Artigo 5º:** O sistema de automonitoramento de atividades poluidoras industriais referendado pela Resolução nº 01 do CONSEMA (1998), estabelecendo condições e exigências para o enquadramento de fontes poluidoras, não isenta a necessidade de atendimento aos padrões fixados nesta Resolução por amostragem simples.

**Artigo 6º:** No processo de licenciamento ambiental, o empreendedor deve informar as substâncias típicas que podem estar presentes nos efluentes líquidos, com base nas matérias-primas e insumos característicos de suas atividades.

**Artigo 7º:** A vazão dos efluentes líquidos deve ter uma relação com a vazão de referência do corpo hídrico receptor, de modo que o seu lançamento não implique em prejuízo dos usos dos recursos hídricos superficiais associados ao seu enquadramento.

§ 1º: A vazão de referência do corpo receptor é aprovada pelo Conselho de Recursos Hídricos competente devendo, na ausência de disposições, ser considerada a que consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

§ 2º: Para os corpos hídricos receptores a relação entre a vazão de referência do corpo hídrico receptor ( $Q_{chr}$ ) e a vazão do efluente ( $Q_e$ ) é, no mínimo, o maior valor resultante das razões entre o valor do padrão de emissão para cada parâmetro contido no efluente e o valor do padrão do respectivo parâmetro estabelecido para a Classe na qual o corpo hídrico receptor se enquadra, assim:

$$(Q_{chr}/Q_e) > = (\text{Padrão de emissão/Concentração na classe})$$

§ 3º: A inequação do § 2º deverá ser aplicada para os parâmetros que simultaneamente tenham:

- I – padrões de emissão definidos para o empreendimento conforme esta Resolução;
- II – padrões de qualidade estabelecidos para a classe do enquadramento do corpo de água.

§ 4º: Para os parâmetros que satisfizerem a inequação do § 2º, deverão ser adotados os padrões de emissão estabelecidos nesta Resolução.

§ 5º: O órgão ambiental competente poderá mediante análise técnica fundamentada, autorizar o lançamento de efluentes líquidos em desacordo com as condições e padrões

estabelecidos nesta Resolução para os parâmetros que não satisfizerem a inequação do § 2º, desde que observados os seguintes requisitos:

I – comprovação da inexistência de alternativas locacionais e técnicas sustentáveis;

II – atendimento das metas progressivas obrigatórias, intermediárias e finais, conforme os enquadramentos dos corpos hídricos previstos nos respectivos Planos de Recursos Hídricos de Bacia Hidrográfica;

III – estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento;

IV – realização de estudo de capacidade de suporte do corpo hídrico receptor, a expensas do empreendedor, que deverá determinar no mínimo:

a) Padrões de emissão para os parâmetros que se enquadram no disposto no § 3º deste artigo, considerando a sustentabilidade do empreendimento;

b) Trechos do corpo receptor que estarão em desacordo com o seu enquadramento para cada um dos parâmetros simulados, considerando as curvas de decaimento;

c) Identificação dos usos da água existentes nos trechos do corpo receptor em desacordo com o enquadramento;

d) No caso de Sistemas de Esgotamento Sanitário Públicos, prognóstico qualitativo e quantitativo das cargas orgânicas nas sub-bacias que serão impactadas pela instalação do sistema, considerando abatimento e acréscimo de cargas;

e) Plano de monitoramento do corpo receptor condizente com as conclusões do estudo.

**Artigo 8º:** O ponto de lançamento de efluentes industriais em corpos hídricos receptores será obrigatoriamente situado a montante do ponto de captação de água do mesmo corpo hídrico receptor utilizado pelo usuário, ressalvados os casos de impossibilidade técnica, que devem ser avaliadas pelo órgão ambiental competente.

**Artigo 9º:** Os efluentes líquidos de que trata esta Resolução devem atender aos padrões de toxicidade estabelecidos em resolução específica sobre a matéria.

**Artigo 10º:** Os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, atendendo aos seguintes padrões de emissão:

<b>Parâmetros</b>	<b>Padrão de emissão</b>
- Alumínio total	10 mg/L
- *Arsênio total	0,1 mg/L
- Bário total	5,0 mg/L
- Boro total	5,0 mg/L
- *Cádmio total	0,1 mg/L
- *Cianeto total	0,2 mg/L
- Cobalto total	0,5 mg/L
- *Cobre total	0,5 mg/L
- Cor	Não deve conferir mudança de coloração (cor verdadeira) ao corpo hídrico receptor
- *Cromo hexavalente	0,1 mg/L
- *Cromo total	0,5 mg/L
- *Chumbo total	0,2 mg/L

<b>Parâmetros</b>	<b>Padrão de emissão</b>
- Espumas	Virtualmente ausentes
- Estanho total	4,0 mg/L
- Fenóis total (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,1 mg/L
- Ferro total	10 mg/L
- Fluoreto	10 mg/L
- Lítio total	10 mg/L
- Manganês total	1,0 mg/L
- Materiais flutuantes	Ausentes
- *Mercúrio total	0,01 mg/L
- Molibdênio total	0,5 mg/L
- Níquel total	1,0 mg/L
- Odor	Livre de odor desagradável
- Óleos e graxas: mineral	< = 10 mg/L
- Óleos e graxas: vegetal ou animal	< = 30 mg/L
- pH	Entre 6,0 e 9,0
- Prata total	0,1 mg/L
- *Selênio total	0,05 mg/L
- Sólidos Sedimentáveis	< = 1,0 ml/L em teste de 1 (uma) hora em Cone Imhoff
- Substâncias tenso-ativas que reagem ao azul de metileno	2,0 mg/L LAS/L
- Sulfeto	0,2 mg/L S <sup>2-</sup>
- Temperatura	40°C
- Vanádio total	1,0 mg/L
- Zinco total	2,0 mg/L

**Parágrafo único:** As fontes poluidoras que apresentem vazão igual ou superior a 100 m<sup>3</sup>/dia, terão a aplicação de um fator mínimo de 0,8 sobre as concentrações arroladas nos itens indicados com (\*), para fixação do padrão de emissão.

**Artigo 11º:** O órgão ambiental competente, mediante parecer técnico circunstanciado, poderá fixar padrões de emissão para outros parâmetros não previstos na presente resolução, em função do contínuo desenvolvimento de novas substâncias tóxicas, bem como a alteração do enquadramento de substância/elemento tido por não tóxico para tóxico;

**Artigo 12º:** Não podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, efluentes líquidos que contenham quaisquer dos poluentes orgânicos persistentes, listados abaixo, originários da manipulação ou descontaminação de passivos ambientais, incluindo remediação de áreas degradadas:

- Aldrin
- Bifenilas Policloradas (PCBs)
- Clordano (cis + trans)
- DDT (4,4'DDT+4,4'DDE+4,4'DDD)
- Dieldrin
- Endrin
- Heptacloro e Heptacloro epóxido
- Hexaclorobenzeno
- Mirex (Dodecacloro Pentaciclodecano)
- Toxafeno

**Artigo 13º:** Devem ser implementadas pelas fontes potencialmente geradoras de Dibenzo-p-dioxinas Policloradas (Dioxinas) e Dibenzo-furanos Policlorados (Furanos), a melhor tecnologia disponível visando a redução desta emissão até a completa eliminação;

**Artigo 14º:** Para o caso de contaminação de efluentes líquidos com poluentes orgânicos prioritários, fica o órgão ambiental competente responsável por fixar padrão, quando do licenciamento ambiental da atividade.

**Artigo 15º:** Pode ser viabilizado, pelos titulares pela concessão do serviço de esgotamento sanitário dos municípios, na medida em que venham sendo implementadas as estações de tratamento de efluentes líquidos sanitários, a possibilidade de ser complementado, junto a estas estações, o tratamento de efluentes, exclusivamente para redução de DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspensos, Nitrogênio amoniacal, Fósforo total e Coliformes termotolerantes ou Escherichia coli, oriundos de empreendimentos privados, assegurando o cumprimento dos padrões finais de lançamento estabelecidos. Os demais parâmetros devem atender aos padrões fixados nesta norma para o recebimento nas estações de tratamento de efluentes líquidos sanitários.

**Artigo 16º:** Para efeito de controle das condições de lançamento, não é permitida a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, antes do seu lançamento, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação, com a finalidade de diluição.

**Artigo 17º:** Ficam estabelecidos os seguintes padrões de emissão em função da vazão:

I – Para efluentes líquidos de fontes poluidoras, exceto efluentes líquidos sanitários, os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspensos Totais (SST), Fósforo total, Nitrogênio Amoniacal e Coliformes termotolerantes devem atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão abaixo referidas:

	Faixa de vazão do efluente (m³/d)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Fósforo Total		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Coliformes Termotolerantes	
					mg/L	Eficiência		NMP/100mL	Eficiência
(1)	Q < 100	120	330	140	4	75%	20	10 <sup>5</sup>	95%
(2)	100 ≤ Q < 500	110	330	125	3	75%	20	10 <sup>4</sup>	95%
(3)	500 ≤ Q < 1.000	80	300	100	3	75%	20	10 <sup>4</sup>	95%
(4)	1.000 ≤ Q < 3.000	70	260	80	2	75%	20	10 <sup>4</sup>	95%
(5)	3.000 ≤ Q < 7.000	60	200	70	2	75%	20	10 <sup>4</sup>	95%
(6)	7.000 ≤ Q < 10.000	50	180	60	2	75%	20	10 <sup>4</sup>	95%
(7)	10.000 ≤ Q	40	150	50	1	75%	20	10 <sup>3</sup>	99%

II – Para efluentes líquidos sanitários, os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspensos Totais (SST) e Coliformes termotolerantes devem atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão abaixo referidas:

	Faixa de vazão do efluente (m³/d)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Coliformes Termotolerantes	
					NMP/100 mL	Eficiência
(1)	Q < 200	120	330	140	-	-
(2)	200 ≤ Q < 500	100	300	100	10 <sup>6</sup>	90%
(3)	500 ≤ Q < 1.000	80	260	80	10 <sup>5</sup>	95%
(4)	1.000 ≤ Q < 2.000	70	200	70	10 <sup>5</sup>	95%
(5)	2.000 ≤ Q < 10.000	60	180	60	10 <sup>4</sup>	95%
(6)	10.000 ≤ Q	40	150	50	10 <sup>3</sup>	95%

**Parágrafo único:** A *Escherichia coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro Coliformes termotolerantes e a proporção de correlação entre eles definida junto ao órgão ambiental competente.

**Artigo 18º:** Podem ser estabelecidos critérios mais restritivos, pelo órgão ambiental competente, para fixação dos padrões de emissão constantes nesta norma em função dos seguintes aspectos: características físicas, químicas e biológicas; características hidrológicas; usos da água e enquadramento legal, desde que apresentada fundamentação técnica que os justifique.

**Parágrafo único:** Para efluentes líquidos sanitários, o órgão ambiental competente poderá exigir padrões para os parâmetros Fósforo total e Nitrogênio Amoniacal em corpos receptores com registro de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público, devendo atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão abaixo referidas:

Faixa de vazão do efluente (m³/d)		Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total	
			mg/L	Eficiência
(1)	Q < 1.000	20	4	75%
(2)	1.000 <= Q < 2.000	20	3	75%
(3)	2.000 <= Q < 10.000	20	2	75%
(4)	10.000 <= Q	20	1	75%

**Artigo 19º:** Os empreendimentos que tiverem licença vigente ou em fase de renovação podem solicitar a atualização de sua licença com base nos critérios desta resolução.

**Artigo 20º:** Esta Resolução entra em vigor na data da sua publicação, revogando as Resoluções do CONSEMA nº 128/2006, nº 286/2014 e nº 317/2016.

**Porto Alegre, 13 de julho de 2017.**

**Maria Patrícia Mollmann**

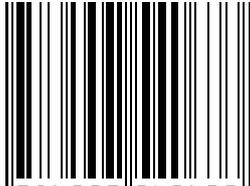
**Presidente do CONSEMA**

**Secretária Adjunta do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**

**EDITORA E GRÁFICA DA FURG**  
**CAMPUS CARREIROS**  
**CEP 96203 900**  
editora@furg.br



ISBN 978-65-5754-063-3



9 786557 540633