



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

GILDETE CLARINDA DAS VIRGENS SILVA

Avaliação Crítica da Qualidade das
Águas da Bacia
Hidrográfica do Rio Joanes

Salvador – BA

SET – 2009

GILDETE CLARINDA DAS VIRGENS SILVA

**Avaliação Crítica da Qualidade das
Águas da Bacia
Hidrográfica do Rio Joanes**

Tese apresentada ao Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação em Química como parte dos requisitos para obtenção de Grau de Doutora em Ciências. Área de concentração: Química Analítica.

Orientador: Prof^o Dr. Sergio Luis Costa Ferreira

Co-orientador: Prof^o Dr. Rennan Geovanny Oliveira Araújo

Salvador/BA

set/2009

Sistema de Bibliotecas/IQ - UFBA

Silva, Gildete Clarinda das Virgens.
Avaliação crítica da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Joanes / Gildete Clarinda das Virgens Silva. - 2010.
170 f.: il.

Orientador: Prof. Dr.Sergio Luis Costa Ferreira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2009.

1. Água - Rio Joanes. 2. Bacias hidrográficas - Rio Joanes. 3. Água - Qualidade - Rio Joanes. 4. Água - Metais pesados- Rio Joanes. 5. Água – Análises- Rio Joanes. 6. Água - Poluição - Rio Joanes. I. Ferreira, Sergio Luis Costa. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Química. III. Título.

CDD – 628.162
CDU – 543.31

TERMO DE APROVAÇÃO

GILDETE CLARINDA DAS VIRGENS SILVA

Avaliação Crítica da Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Química, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Anderson Santos Souza Anderson Santos Souza
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Djane Santiago de Jesus Djane Santiago de Jesus
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Instituto Federal de Educação

Prof. Dr. Leonardo Sena Gomes Teixeira Leonardo Sena Gomes Teixeira
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Sérgio Luis Costa Ferreira - Orientador Sérgio Luis Costa Ferreira
Doutorado em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, (PUC-RJ)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Rennan Geovanny Oliveira Araújo - Co-Orientador Rennan G. O. Araújo
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. Valfredo Azevedo Lemos Valfredo Azevedo Lemos
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Salvador, 04 de setembro de 2009.

DEDICATÓRIA

A minha mãe Adalgisa (D. Zizi – *In Memoriam*) e meu pai Manoel (Seu Maneca – *In Memoriam*)

A meus filhos Luiz Claudio, Eliana Emília, Luciana Patrícia, ao meu esposo Evilásio

Aos meus irmãos Claudionice (Nice – *In Memoriam*), Manoel, Nilzete,

Janete, Hilda, Elisabete, Dílson Clarindo e Dílson de Jesus

A todos os meus familiares

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida e pela renovação de minhas forças nos momentos difíceis durante a realização deste trabalho.

A meus pais (*In Memoriam*) pela incondicional doação de amor, carinho, proteção e pelos ensinamentos baseados na honestidade, ética e justiça que nortearam minha caminhada em busca da realização dos meus sonhos.

A meu esposo e filhos pelo apoio moral, intelectual e pela participação na digitação e correções deste trabalho.

A meus irmãos pelo apoio e incentivo constantes em todos os momentos necessitados.

A todos os meus familiares especialmente os meus sobrinhos, primos, primas e cunhados pelo apoio incondicional.

A minha nora Verônica Carvalho pela presença constante e apoio recebido.

Às minhas amigas Heloisa e Terezinha Fernandes pela amizade e pelo apoio recebido.

A meu amigo e orientador, professor Dr. Sergio Luiz Costa Ferreira pela amizade e incentivo constante na elaboração e realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal da Bahia

A meu co-orientador, professor do Departamento de Química da Universidade Federal de Sergipe, Dr. Rennan Geovanny Oliveira Araújo pela paciência, pronta disposição em transmitir os conhecimentos complementares necessários ao desenvolvimento deste trabalho, muitas vezes “on line” em virtude de sua residência temporária em outro Estado.

Ao mestre em Química Daniel Lima pela colaboração recebida.

Ao professor da Universidade Estadual da Bahia-UNEB, Dr. Walter Nei Lopes dos Santos pelas valiosas informações recebidas na defesa de dissertação de mestrado.

Aos professores e amigos do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia especialmente Vera Câncio, Lúcia Marques, Ilma Cirne, Maria das Graças Korn e Ana Pinto.

Aos funcionários do Instituto de Química da UFBA especialmente Alice, Ana Hilda, Eliomar, Egídia e Judith, pessoal da biblioteca, por estarem sempre dispostos a ajudar na disponibilização de material bibliográfico. A Wilson, Zé Carlos (In Memoriam), Bandeira e Reis pela amizade, incentivo e colaboração recebida que muito contribuíram para o sucesso deste trabalho. A Cristovão e Paulo cuja disposição em colaborar facilitou a conclusão desta tese.

A meu grande amigo, mestrando em Química, Giancarlos Souza Santos, pela presença e colaboração durante todo o período em que foi desenvolvido este trabalho.

Ao colega e amigo, vereador Gilmar Santiago pela preciosa colaboração nos momentos mais necessários.

Aos diretores da EMBASA, Dr. Abelardo de Oliveira Filho, Dr. Geraldo de Sena Luz, Dr. Dilemar Oliveira Matos e Dr. Eduardo de Oliveira Araújo pela sensibilidade dispensada na aprovação da Norma que me possibilitou uma maior disponibilidade de tempo para a conclusão desta tese.

Ao colega, Engenheiro Antônio Fernando Tôrres Vieira (In Memoriam) pelo exemplo de perseverança na busca de novas possibilidades para a melhoria do processo do tratamento da água.

A minha grande amiga Thaiz de Mello Vieira cuja amizade e incentivo serviram de estímulo para superar alguns obstáculos encontrados.

Às colegas da EMBASA do CAB Vera Lopes, Lucia Bugarin, Nivalda Beauclair, Luciene Pimentel, Julia Curvelo, Rita Couto, Lídia pela participação deste processo que culminou na conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do laboratório Central da EMBASA especialmente, Jussara Carvalho, Sandra Novais, Eliane Lemos, Tânia Bomfim, Júlio Cesar Matogrosso, Luciano Maia, Luciano Roberto, José Pereira e José Rogério Silva pela preciosa ajuda recebida.

Aos meus colegas do Departamento de Produção de Águas (OMP) especialmente aqueles que demonstraram o seu apoio e torcida favorável ao êxito deste trabalho.

Aos colegas do Coral Água Viva da EMBASA, pelo carinho, amizade e energias recebidas durante a realização deste trabalho.

Ao amigo e colega da EMBASA Marinaldo Evangelista Lima pela importante colaboração na tradução de artigos de inglês para português.

À amiga Annie Everstaen pela valiosa colaboração da elaboração do resumo em francês.

Ao doutorando em antropologia Antonio Jose Bacelar da Silva pela valiosa colaboração na elaboração do resumo em inglês.

À memória de Maria Felipa de Oliveira, heroína negra da Independência da Bahia, cuja força arquetípica sustentou os alicerces de bases inquebrantáveis que permitiram que mulheres, negras, de origem pobre, tenham direito à Academia e com ousadia, determinação, busca contínua do conhecimento e do autoconhecimento, pudessem alcançar o grau de Doutora.

A todos aqueles que de alguma forma participaram desta etapa da minha caminhada.

“Hoje em dia, o ser humano apenas tem ante si três grandes problemas que foram ironicamente provocados por ele próprio: a super povoação, o desaparecimento dos recursos naturais e a destruição do meio ambiente. Triunfar sobre estes problemas visto sermos nós a sua causa deveria ser a nossa mais profunda motivação”.

Jacques Yves Cousteau (1910-1997)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rio Citarum (Indonésia) mais poluído do mundo.	60
Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Joanes	64
Figura 3 – Barragens dos Rios Joanes e Ipitanga	66
Figura 4 – Assentamento em área de preservação ambiental	68
Figura 5 – Ocupações irregulares nas margens da barragem do Ipitanga.	72
Figura 6 – Diagrama Unifilar do Rio Joanes	73
Figura 7 – Áreas degradadas (Joanes II)	75
Figura 8 – Presença de plantas aquáticas na barragem do Ipitanga I	76
Figura 9 – Lixo e esgoto causam degradação da barragem do Ipitanga I.	76
Figura 10 – Área reflorestada do Joanes II	78
Figura 11 – Horto Florestal da EMBASA	79
Figura 12 – Representação gráfica das Componentes Principais	82
Figura 13 – Região Metropolitana de Salvador	85
Figura 14 – Gráfico de peso para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos.	112
Figura 15 – Gráfico de escores para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos.	113
Figura 16 – Gráfico de peso para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos.	114
Figura 17 – Gráfico de escores para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos.	115
Figura 18 - Gráfico da relação percentual DBO/DQO – Degradabilidade da matéria orgânica	117
Figura 19 – Gráfico de peso para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos metais e metalóides	122
Figura 20 – Gráfico de escores para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos metais e metalóides.	123
Figura 21 – Gráfico de peso para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos - Apêndice 1	124
Figura 22 – Gráfico de escores para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos metais e metalóides Apêndice 1	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução histórica da administração das águas no Brasil	8
Tabela 2 – Padrão de lançamento de efluentes	14
Tabela 3a – Comparação entre os critérios de qualidade das águas doces estabelecidos por diversas instituições governamentais para as diferentes classes de água doce destinadas ao abastecimento público. Parâmetros físico-químicos	46
Tabela 3b – Comparação entre os critérios de qualidade das águas doces estabelecidos por diversas instituições governamentais para as diferentes classes de água doce destinadas ao abastecimento público - Metais e metalóides	47
Tabela 4 – Denominação do valor guia de diversas instituições governamentais	49
Tabela 5 – Legislação para Água Potável e sua respectiva vigência de algumas Instituições Governamentais	53
Tabela 6a – Comparação entre os Padrões de Potabilidade de algumas Instituições Governamentais e as Substâncias Químicas Inorgânicas que representam riscos à saúde	55
Tabela 6b – Comparação entre os Padrões de Potabilidade de diversas Instituições Governamentais e os Padrões de Aceitação para Consumo Humano	56
Tabela 7 – Classificação da qualidade das Bacias Hidrográficas	59
Tabela 8 – Afluentes do Rio Joanes	65
Tabela 9 – Características das Barragens da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes	66
Tabela 10 – Relação das técnicas analíticas e os seus respectivos limites de detecção utilizados na determinação dos parâmetros físico-químicos nas águas da BHRJ	94
Tabela 11 – Garantia da qualidade para os parâmetros físico-químicos condutividade, cor real, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fosfato total, nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais e turbidez	94
Tabela 12 – Técnicas espectrométricas e seus respectivos limites de detecção, comprimentos de onda, largura da fenda espectral corrente da lâmpada de cátodo oco (LCO) utilizadas na determinação de metais e metalóides em água	97
Tabela 13 – Resultados dos parâmetros físico-químicos formatados utilizados nas análises estatísticas	99

Tabela 14 – Resultados das análises de metais e metalóides formatados utilizados nas análises estatísticas	104
Tabela 15 – Estatística descritiva das variáveis físico-químicas estudadas dos dezoito pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes durante o período de 2006 a 2007.	108
Tabela 16 – Estatística descritiva dos metais e metalóides estudados dos dezoito pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes durante o período de 2006 a 2007.	109
Tabela 17 – Variância total e acumulada para as variáveis físico-químicas das três primeiras componentes principais.	110
Tabela 18 – Valores de peso das variáveis para as três primeiras componentes principais, conforme análise físico-química do período de 2006 a 2007	111
Tabela 19 – Variâncias total e acumulada das amostras conforme análise de metais e metalóides das seis primeiras componentes principais.	120
Tabela 20 – Valores de peso das variáveis para as seis primeiras componentes principais conforme análise de metais e metalóides do período de 2006 a 2007	120
Tabela 21 – Resultados físico-químicos das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006	141
Tabela 22 – Resultados físico-químicos das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006	145
Tabela 23 – Resultados de metais e metalóides das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006	148
Tabela 24 – Resultados de metais e metalóides das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2007	150

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	NOME POR EXTENSO
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais
ACPO	Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional
APP	Área de Preservação Permanente
BHRJ	Bacia Hidrográfica do Rio Joanes
CEPRAM	Conselho Estadual de Proteção Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIA	Centro Industrial de Aratu
CM	Concentração máxima
CONAMA	Conselho do Meio Ambiente.
CVAAS	Espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio, do inglês Cold vapor atomic absorption spectrometry
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAAS	Espectrometria de absorção atômica de chama, do inglês flame atomic absorption spectrometry
FAO	Organização para a Agricultura e a Alimentação, do inglês Food and Agriculture Organization of the United Nations
GFAAS	Espectrometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite, do Inglês Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry
HCA	Análise Hierárquica de Conjunto, do inglês Hierarchical Cluster Analysis
IDT	Ingestão Diária Tolerável

IMA	Instituto do Meio Ambiente
INGÁ	Instituto de Gestão das Águas e Clima
LMP	Limite Máximo Permitido
MA	Máximo Aceitável
MCL	Nível Máximo de Contaminante, do inglês Maximum Contaminant Level
MCLG	Nível máximo ideal de contaminante, do inglês Maximum Contaminant Level Goal
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MRDL	Nível máximo de desinfetante residual, do inglês Maximum Residual Disinfectant Level
MRDLG	Nível máximo residual ideal de desinfetante, do inglês Maximum Residual Disinfectant Level Goal
MS	Ministério da Saúde
MT	Máximo tolerável
NPDWR	Regulamento nacional de padrão primário para água potável, do inglês National Primary Drinking Water Regulation
NSDWR	Regulamento nacional de padrão secundário água potável, do inglês National Secondary Drinking Water Regulation
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Análise de componente principal, do inglês Principal Component Analysis
RMS	Região Metropolitana de Salvador
SEARA	Sistema Estadual de Administração de Recursos Ambientais do Estado da Bahia
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SFC	Superintendência de Floresta e Unidades de Conservação
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGAM	Sistema de Gestão Ambiental de Mananciais
SWAT	Ferramenta da Avaliação da Água do Solo do inglês, Soil Water Assessment Tool
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, do inglês, United States Environmental Protection Agency
VG	Valor guia
VMA	Valor máximo aceitável
VMP	Valor máximo permitido
VMR	Valor máximo recomendável
WHO	Organização Mundial da Saúde, do inglês World Health Organization

RESUMO

Neste trabalho buscou-se avaliar a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes utilizando os resultados das determinações dos parâmetros físico-químicos: cor, pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, amônia, nitrito, nitrato, fósforo e condutividade elétrica e dos metais e metalóides antimônio, arsênio, bário, berílio, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, lítio, manganês, mercúrio, níquel, prata, selênio, vanádio e zinco nas águas brutas desta bacia, durante o monitoramento realizado pela EMBASA-Empresa Baiana de Águas e Saneamento no período de 2006-2007. Alguns metais e metalóides como antimônio, arsênio, berílio, boro, níquel, prata e selênio apresentaram resultados abaixo dos respectivos limites de detecção não tendo, portanto, nenhuma variação de valores por isso não foram utilizados nas discussões. A análise multivariada de dados usando o método da PCA foi utilizada com o objetivo de identificar os fatores determinantes, naturais e antrópicos da qualidade das águas superficiais da bacia supracitada. Através da PCA verificou-se que as variáveis CE, DBO, DQO, fósforo, sólidos totais, turbidez, OD, Ag, Hg, Mn, V, Cr, Cu e Fe foram as mais importantes para a qualidade destas águas e estão associadas ao lançamento de esgotos doméstico e industriais nos corpos hídricos, sem tratamento adequado. Ficou evidenciada a interferência antrópica pelos altos níveis de fósforo e amônia encontrados ao longo da bacia sinalizando a necessidade urgente de intervenções mais efetivas.

Palavras chaves: Rio Joanes, bacia hidrográfica, qualidade das águas, metais pesados, monitoramento, parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the water of the basin of the Joanes River through the results of the study of the physiochemical parameters: color, pH, turbidez, dissolved total solids, dissolved oxygen, DBO, DQO, ammonia, nitrite, nitrate, electric conductivity and of the metals and metalloids antimony, arsenic, barium, beryl, boron, cadmium, lead, cobalt, copper, chrome, iron, lithium, manganese, mercury, nickel, silver, selenium, vanadium, and zinc, as determined in the raw waters of this basin in the period of 2006-2007. Some of the metals and metalloids antimony, arsenic, beryl, boron, nickel, silver, and selenium yield results below their limits of detection, without variation in values. As a results, they were not included in the discussion. Multivariate analysis using PCA was used to identify the determining natural and anthropogenic factors of the quality of surface waters of the basin. Through PCA, the study shows that the variables CE, DBO, DQO, phosphor, total solids, turbidez, OD, Ag, Hg, Mn, V, Cr, Cu e Fe, were the most important factors for the water quality and these are associated with the release of domestic and industrial sewers in the body of water without adequate treatment. The anthropogenic interference evidenced by the high match levels of phosphor and ammonia found along the basin in the study signals an urgent need for effective interventions.

Keywords: Hydrographic Basin, Joanes River, monitoring, heavy metals, physiochemical parameters, water quality.

RESUMÉ

Cette étude cherche à évaluer l'eau de bassin du fleuve Joanes à travers les résultats des paramètres physico-chimiques tels que : couleur, pH, turbidité, solides totaux dissous, oxygène dissous, DBO, DQO, ammoniacale, nitrite, nitrate ainsi que conductivité électrique et métaux et métalloïdes tels que : antimoine, arsenic, baryum, béryllium, bore, cadmium, plomb, cobalt, cuivre, chrome, fer, lithium, manganèse, mercure, nickel, argent, sélénium, vanadium et zinc trouvés dans les eaux rudes de ce bassin dans le monitoring réalisé par l'EMBASA pour la période de 2006 à 2007. Quelques métaux et métalloïdes n'ont pas présenté des variations de valeur pour ça ils ne furent pas considérés. Il a été prouvé qu'une interférence anthropique par les hauts niveaux d'allumette et d'ammoniacale trouvés au long du bassin, dans la période étudiée, a signalé une nécessité urgente d'intervenir efficacement. L'analyse multivariée de données en utilisant la méthode de PCA a été utilisée avec l'objectif d'identifier aux facteurs déterminants, naturels et les anthropiques de la qualité des eaux superficielles du bassin. Au travers du PCA, il s'est vérifié que les variables les plus importantes pour la qualité de l'eau (CE, DBO, DQO, P, solides totaux, turbidité, OD, Ag, Hg, Mn, V, Cr, Cu et Fe) du bassin du fleuve Joanes sont associées à l'écoulement d'égouts domestiques et industriels dans les corps hydriques, sans traitement approprié.

Mots clés: Fleuve Joanes, bassin hydrographique, qualité de l'eau, métaux lourds, monitoring, paramètres physico-chimiques.

INDICE

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
RESUMO	XVI
ABSTRACT	XVII
RESUMÉ	XVIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 - Objetivo Geral	3
2.2 - Objetivos Específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 - Poluição das Águas	4
3.2 – Qualidade das águas	6
3.3 – Administração das águas no Brasil	7
3.3.1 - Decreto nº. 24.643 - O Código das Águas	8
3.3.2 - Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, que institui o Novo Código Florestal	9
3.3.3 - A Constituição Federal de 1988	10
3.3.4 – Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 ou Lei das Águas	10
3.3.5 - Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998	11
3.3.6 - Lei nº. 9.984 de 17 de julho de 2000	11
3.3.7 - Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004	11
3.3.8 - Resolução nº. 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N.º 357/05	12
3.4 – Caracterização química e física da água	15
3.4.1 – Características físicas	15
3.4.1.1 - Condutividade elétrica	15
3.4.1.2 – Cor	16
3.4.1.3 – Turbidez	17

3.4.1.4 – Sólidos totais dissolvidos-----	18
3.4.2 – Características químicas-----	18
3.4.2.1 – Série nitrogenada (amônia, nitrito e nitrato)-----	18
3.4.2.2 – Demanda bioquímica de oxigênio – DBO -----	22
3.4.2.3 – Demanda química de oxigênio – DQO -----	23
3.4.2.4 - Fósforo total -----	24
3.4.2.5 - Oxigênio dissolvido -----	25
3.4.2.6 – pH -----	26
3.4.2.7 – Metais -----	27
3.4.2.7.a - Alumínio (Al)-----	28
3.4.2.7.b - Antimônio (Sb)-----	30
3.4.2.7.c - Arsênio (As) -----	31
3.4.2.7.d - Bário (Ba) -----	31
3.4.2.7.e – Berílio (Be)-----	32
3.4.2.7.f – Boro (B)-----	32
3.4.2.7.g - Cádmio (Cd)-----	33
3.4.2.7.h - Chumbo (Pb) -----	33
3.4.2.7.i - Cobalto (Co)-----	34
3.4.2.7.j - Cobre (Cu)-----	35
3.4.2.7.l - Cromo (Cr) -----	36
3.4.2.7.m -Ferro Total -----	36
3.4.2.7.n - Lítio (Li)-----	37
3.4.2.7.o - Manganês (Mn) -----	38
3.4.2.7.p - Mercúrio (Hg) -----	38
3.4.2.7.q – Níquel (Ni) -----	39
3.4.2.7.r - Prata (Ag)-----	40
3.4.2.7.s - Selênio (Se) -----	40
3.4.2.7.t – Vanádio-----	41
3.4.2.7.u - Zinco(Zn)-----	41
3.5 – Critérios de qualidade das águas-----	41
3.5.1 - Padrão de potabilidade -----	48
3.6 – Bacias Hidrográficas -----	57
3.6.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Joanes-----	62
3.6.1.1 - Uso e ocupação do solo -----	70
3.6.1.2 - Usos da água -----	74
3.6.1.3 - Atividades impactantes-----	74
3.7 – Análise Multivariada de dados -----	80
3.7.1 – Aplicações de análise multivariada de dados no tratamento de dados resultantes de análises de águas. -----	83
4. MATERIAL E MÉTODOS -----	85
4.1 Área de estudo -----	85
4.2 – Coleta de dados -----	85
4.3 – Análises químicas -----	88
4.3.1 – Determinação dos parâmetros físico-químicos -----	88

4.3.1.1 – Garantia da qualidade para os parâmetros físico-químicos-----	94
4.3.2 – Determinação de metais e metalóides -----	94
4.3.2.1 - Garantia da qualidade dos lotes amostrais para análise dos metais e metalóides -----	96
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	98
5.1 – Análise de componente principal -----	110
5.1.1 – Parâmetros físico-químicos -----	110
5.1.2 – Metais e metalóides -----	120
6. RECOMENDAÇÕES -----	126
7. CONCLUSÃO -----	127
8. REFERÊNCIAS -----	129
9. ANEXOS -----	140

1. INTRODUÇÃO

A água foi considerada durante muitos séculos como um recurso inesgotável, sendo utilizada de forma predatória e insustentável. Seu uso inadequado foi intensificado a partir do século XX com a aceleração do crescimento populacional, quando foi extensamente utilizada pelos diversos ramos de atividades tais como: as domésticas, agrícolas, industriais, dentre outras.

O volume total de água existente na terra é de 1,44 bilhão de quilômetros cúbicos, sendo assim distribuído: 1,4 bilhão forma os oceanos, 29 milhões estão nas geleiras e calotas polares, 8,5 milhões no subsolo, 200 mil nos lagos e rios e 3 mil quilômetros cúbicos na atmosfera. Logo, dos 3% de água doce, 2,3% estão armazenados nas geleiras e calotas polares e somente 0,7% é possível de exploração. Aproximadamente metade da água subterrânea é considerada inviável para utilização, porque está situada a mais de 800 m de profundidade. Sua qualidade, entretanto, é naturalmente boa para o consumo geral, graças ao processo de filtração e às reações biogeoquímicas no subsolo [1]. Contudo a ocupação desordenada de áreas às margens dos rios e a impermeabilização do solo, fatores considerados determinantes no fluxo de infiltração e na conseqüente modificação do ciclo da água, trazem como conseqüências a perda de matas ciliares, a erosão progressiva do solo com o decorrente assoreamento dos cursos d'água, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas e a destruição do habitat natural de inúmeras espécies [2].

A contaminação da água pode contribuir para a degradação do meio ambiente que por sua vez afeta direta ou indiretamente a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a fauna e a flora, as condições estéticas e sanitárias do meio e a qualidade dos recursos ambientais, por isso além de ser um recurso natural é também considerada como um recurso ambiental

A dinâmica das águas vai além das divisões políticas e administrativas delimitadas pela sociedade, fazendo com que a bacia hidrográfica, espaço territorial determinado e definido pelo escoamento delas se configure como recorte geográfico privilegiado para a compreensão e o estabelecimento de políticas públicas sobre esse ecossistema. [3].

O Secretário Geral da ONU (Organização das Nações Unidas), Kofi Annan, afirmou durante as comemorações do Ano Internacional da Água Doce, em março de 2006, com o tema “Água e Cultura”, que a água não é só essencial para a vida, é também uma presença cultural diversificada – uma inspiração para os artistas, objeto de investigação científi-

ca e elemento indispensável dos ritos de muitas tradições e religiões e que apesar da sua importância e do seu caráter, muitas vezes sagrado, a água continua a ser desperdiçada e degradada em todo o mundo, tanto nas cidades como nas zonas rurais. Dezoito por cento da população mundial não tem acesso a água potável e 40% não têm acesso a saneamento básico. Todos os dias, 6.000 pessoas, na sua maioria crianças, morrem devido a causas relacionadas com a água [4].

A demanda mundial de água aumenta muito mais rapidamente com o crescimento da população o que resulta num aumento mais acentuado das agressões ambientais. De acordo com PINTO FILHO & OLIVEIRA [2], a principal causa da escassez de água nos países latino-americanos, onde são estocados cerca de um quarto de água doce do planeta, é a ausência de políticas públicas que permitam a adoção de um sistema de coleta, tratamento e distribuição de água para a população local.

Devido à atual qualidade das águas tem sido necessário o uso de processos de tratamento cada vez mais sofisticados e onerosos para que as mesmas se adequem aos padrões de potabilidade exigidos pelos órgãos competentes. É fundamental que as águas destinadas ao abastecimento público possam ser colocadas em condições adequadas para consumo humano, que exige aspecto límpido e transparente, livre de odor, gosto ou de qualquer microorganismo ou substância que possam causar danos à saúde.

Na Bahia, a empresa responsável pelo tratamento e fornecimento de água potável é a EMBASA-Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A, que distribui água tratada para aproximadamente 8,86 milhões de pessoas em 566 localidades urbanas e 1148 rurais.

2. OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

Fazer uma avaliação crítica da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes (BHRJ) caracterizada pelos resultados de parâmetros químicos e físicos do período de 2006 a 2007, conforme a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) referente às águas doces da classe 2.

2.2 - Objetivos Específicos

- Investigar a qualidade físico-química das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes visando detectar os níveis de poluentes e /ou contaminantes e identificar suas prováveis causas.
- Interpretar os resultados obtidos através do emprego da análise multivariada de dados.
- Verificar se há concordância com a qualidade requerida para as águas doces da classe 2 destinadas ao abastecimento público após tratamento convencional, através dos limites permitidos estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA, com relação aos parâmetros analisados.
- Estabelecer uma discussão crítica sobre os valores obtidos comparados com os valores estabelecidos pela legislação brasileira e algumas legislações mundiais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É crescente a preocupação com as questões ecológicas nos mais diversos setores da sociedade mundial. No Brasil, a conscientização de empresas e cidadãos relativa às conseqüências das ações antrópicas sobre o meio ambiente tem aumentado nas últimas décadas. Grande parte das atividades humanas resulta na geração de resíduos e efluentes, sólidos, líquidos e gasosos cujo destino final é a atmosfera, os solos e os corpos d'água naturais e artificiais, continentais, costeiros ou os oceanos.

A degradação dos recursos naturais provoca sensíveis alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas. É importante considerar o meio ambiente como parte integrante do desenvolvimento sócio-econômico da humanidade, onde a preservação dos recursos naturais é imprescindível para o bem estar do ser humano. Vale considerar ainda a importância da análise das intervenções antrópicas, pois são elas que provocam degradações e desequilíbrios ambientais.

3.1 - Poluição das Águas

A palavra poluir, originária do latim *poluere*, significa sujar. Ecologicamente falando, a poluição pode ser definida como as alterações nas propriedades físicas, químicas ou biológicas de um determinado ecossistema que acarreta prejuízos ao desenvolvimento das populações e desequilíbrios na natureza.

De acordo com a lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 [5], que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- afetem desfavoravelmente a biota;
- afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

FARIAS [6], define a poluição da água como a alteração de sua qualidade natural pela ação do homem, tomando-a parcial ou totalmente imprópria para o uso a que se destina. Por qualidade da água entende-se como o conjunto de características físicas,

químicas e biológicas que a água apresenta em seu estado natural nos rios, lagos, mananciais, no subsolo ou no mar.

A poluição dos corpos d'água pode ocorrer de duas formas:

- Pontual quando é concentrada no espaço, como, por exemplo, descarga de canalizações de esgotos em um rio; ou
- Difusa na qual os poluentes chegam ao corpo d'água distribuídos ao longo de sua extensão, como é o caso da poluição por fertilizantes e agrotóxicos usados no cultivo agrícola.

Como principais agentes poluidores da água tem-se [7]:

- matéria orgânica biodegradável (esgotos, por exemplo), provocando consumo de oxigênio, mortandade de peixes, etc.;
- sólidos em suspensão, acarretando problemas estéticos, depósitos de lodo, proteção a organismos patogênicos, adsorção de poluentes (estes ficam aderidos à superfície dos sólidos suspensos);
- nutrientes, principalmente à base de nitrogênio e fósforo, conduzindo ao crescimento excessivo de plantas, cuja posterior decomposição irá prejudicar o balanço de oxigênio do corpo d'água;
- patogênicos, provocando o surgimento de diversas enfermidades de veiculação hídrica;
- matéria orgânica não biodegradável (pesticidas, detergentes), levando à ocorrência de maus odores e de condições tóxicas;
- metais pesados, também produzindo toxicidade e prejudicando o desenvolvimento da vida aquática.

Dentre as principais fontes de poluição hídrica destacam-se:

- os efluentes domésticos e
- os efluentes industriais.

A poluição industrial é a que mais tem contribuído na degradação dos corpos hídricos devido aos lançamentos de resíduos sólidos e efluentes sem o tratamento adequado, diretamente nos corpos d'água, o que tem favorecido a elevação dos teores de metais e outros poluentes nas águas e sedimentos dos ambientes aquáticos. A poluição industrial é consequência das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser

complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos. A legislação ambiental tem estabelecido regras para o lançamento de efluentes industriais e a tendência é a existência de um maior controle sobre esses poluentes [8].

Os efluentes domésticos se constituem também, numa importante fonte de poluição para as águas superficiais e subterrâneas e são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais. As águas que compõem o esgoto doméstico compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cozimento e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários [9].

A presença de matéria orgânica em cursos d'água requer uma grande quantidade de oxigênio (O_2) na sua degradação, considerando a baixa capacidade da água em dissolver O_2 livre. A consequência é a redução de O_2 na água em níveis que limitam a vida aquática. Ao se lançar efluentes em cursos d'água, deve-se ter em mente a manutenção adequada de oxigênio. Se esgotos forem lançados sem tratamento, causarão redução das fontes naturais de O_2 , com desenvolvimento de condições sépticas no corpo receptor [9].

3.2 – Qualidade das águas

A qualidade da água não é um termo absoluto, pois se caracteriza em função do uso a que se destina. De acordo com alguns autores [10], os vários processos que controlam a qualidade das águas de um rio fazem parte de um complexo equilíbrio, motivo pelo qual qualquer alteração na bacia hidrográfica pode acarretar alterações significativas. Sendo as características físico-químicas das águas indicadoras da “saúde” do ecossistema terrestre, estas podem ser utilizadas para o controle e monitoramento das atividades desenvolvidas na bacia.

A avaliação e o monitoramento da qualidade da água são dois processos distintos, segundo FRACARO [11].

A avaliação da qualidade é um estudo das características físicas, químicas e biológicas da água, relativas aos efeitos humanos e usos propostos, particularmente aqueles que afetam a saúde pública, ou seja, verifica-se se a água está apropriada para determinados usos.

O monitoramento é a coleta de informações em locais fixos e em intervalos regulares para obtenção de dados que permitam o conhecimento das condições atuais e da

evolução, ou seja, é a verificação de tendências na qualidade do meio aquático e a observação da forma como este é afetado por contaminantes, atividades antrópicas e/ou processos de tratamento de efluentes. De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, o monitoramento é a medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água [12].

Os padrões de qualidade das águas doce no Brasil foram criados de forma a identificar e limitar a presença efetiva ou potencial de substâncias ou microorganismos que possam comprometer essa qualidade, avaliando os impactos sobre a biota, decorrentes da atividade humana nas diferentes bacias hidrográficas. Embora sejam inúmeras as espécies químicas potencialmente impactantes sobre a qualidade das águas e dos efluentes, as legislações ambiental e sanitária contemplam um número limitado, onde são considerados os efeitos sabidamente prejudiciais à saúde e ao meio ambiente e cuja ocorrência é mais provável [13]. Os padrões de qualidade da água além de regulamentar os níveis de poluentes a serem mantidos num corpo d'água, dependendo do uso a que ela se destina, constitui a base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso d'água receptor [14].

3.3 – Administração das águas no Brasil

A administração dos recursos hídricos no Brasil teve sua primeira experiência na década de 30 e estava vinculada à questão agrícola [15]: em 1933, foi criada a Diretoria de Águas, depois Serviço de Águas, no Ministério da Agricultura. Em seguida, em 1934, esse serviço foi transferido para a estrutura do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), quando é editado o Código de Águas, que sofreu algumas alterações com a Constituição de 1988. A **Tabela 1** apresenta a evolução histórica desta administração até os dias de hoje.

Tabela 1 – Evolução histórica da administração das águas no Brasil

Ano	Evolução
1934	Decreto Federal nº. 24.643 – Código das Águas
1965	Lei nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965 que instituiu o Código Florestal
1981	Lei Federal nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Criações do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.
1988	Nova Constituição Federal
1989	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
1997	Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos
1998	Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 que estabelece os crimes ambientais e suas sanções
2000	Agência Nacional das Águas – ANA (autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente)
2003	Resolução nº. 32 de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que institui a Divisão Hidrográfica Nacional em 12 regiões.
2004	Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
2005	Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento (revogando a Resolução 20/86)

Adaptado de AMORIM, 2006 [16].

3.3.1 - Decreto nº. 24.643 - O Código das Águas

O Código das Águas [17] foi o marco inicial da legalização da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Este Código estabelece alguns aspectos importantes e conceitos atuais sobre a gestão das águas, como:

- A aplicação do princípio de usuário-pagador: no **parágrafo 2º do artigo 36**, é definido que "o uso da águas pode ser gratuito ou retribuído";
- A necessidade de preservação das condições da água pelo usuário de montante perante os usuários de jusante, colocada no **Título III**, que regulamenta o aproveitamento das águas comuns;
- O regime de outorga, estabelecido pelo **artigo 43**, definindo que "as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene sem a existência de concessão administrativa";
- A definição do uso prioritário da água para o abastecimento público: no **artigo 36** fica estabelecida a "preferência da derivação para o abastecimento das populações"; e
- A defesa do aproveitamento múltiplo das águas, colocada pelo **artigo 51**, estabelecendo que "em regulamento administrativo se disporá sobre as condições de derivação, de modo a conciliarem quanto possível os usos a que as águas se prestam".

3.3.2 - Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, que institui o Novo Código Florestal

De acordo com o Novo Código Florestal [18] uma área de preservação permanente é aquela protegida nos termos dessa Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

“Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais (barragens); nas áreas metropolitanas definidas em lei”.

“A supressão de vegetação em área de preservação permanente somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizado com base em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto”.

“É permitido o acesso de pessoas e animais às áreas de preservação permanente, para obtenção de água, desde que não exija a supressão e não comprometa a regeneração e a manutenção em longo prazo da vegetação nativa”.

3.3.3 - A Constituição Federal de 1988

Uma das poucas modificações do Código das Águas realizadas pela Constituição Federal de 1988 [19], foi a extinção do domínio privado da água, previsto em alguns casos, e do domínio municipal. A Constituição de 1988 estabelece apenas dois domínios para os corpos d'água: (1) domínio da União, para rios e lagos que banhem mais de um estado, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou de fronteira entre o Brasil e países vizinhos, ou deles provenham ou para eles se estendam e (2) domínio estadual, para os corpos d'água que se situem exclusivamente em um estado.

3.3.4 – Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997 ou Lei das Águas

A Política Nacional de Recursos Hídricos, prevista na Constituição Federal de 1988 foi estabelecida pela **Lei nº. 9.433 de 8 de janeiro de 1997** ou **Lei das Águas** [20]. Esta lei criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos que integra os organismos: (1) Conselho Nacional de Recursos Hídricos; (2) Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados; (3) Comitês de Bacia hidrográfica; (4) Agências da Água; e (5) órgãos dos poderes públicos, cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, no seu artigo 1º estabelece os seus princípios básicos: reconhece a água como bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; uso prioritário da água para consumo humano e dessedentação de animais; o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento; a gestão descentralizada dos recursos hídricos.

A Constituição Federal de 1988 e as Constituições Estaduais possibilitaram que os estados elaborassem sua própria legislação sobre recursos hídricos que deve seguir os princípios da Lei Federal. Nessa legislação, os estados podem detalhar aspectos específicos e criar seus próprios sistemas de gestão com diferentes estruturas institucionais.

No estado da Bahia essa legislação é representada pela **Lei nº. 6.855** [21], criada em 12 de maio de 1995 que dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos neste estado.

A gestão da água no estado da Bahia é de responsabilidade da Superintendência de Recursos Hídricos (SRH), atualmente Instituto INGA criada pela **Lei nº. 6.812 de 18 de janeiro de 1995** [22], principalmente quanto à administração quantitativa, inclusive outorga (*). No que se refere à gestão da qualidade, cabe ao Conselho de Proteção ao Meio Ambiente – CEPRAM [23] e ao Centro de Recursos Ambientais – CRA essa responsabilidade.

3.3.5 - Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998

A Lei nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 [24] dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

3.3.6 - Lei nº. 9.984 de 17 de julho de 2000

Esta lei dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA [25], autarquia de regime especial, vinculada ao Ministério do Meio Ambiente que tem como principal atividade, a implementação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, outorga e fiscalização do uso de recursos hídricos de domínio da União.

3.3.7 - Portaria nº. 518 de 25 de março de 2004

A Portaria 518/2004 [12], estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências

As legislações sanitárias e ambientais têm sido cada vez mais rigorosas, estabelecendo limites para os contaminantes, tanto na água bruta como na água tratada, embora os níveis de contaminação dos diversos recursos naturais, notadamente os recursos hídricos, continuem em crescimento acelerado.

(*) “De acordo com a ANA outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo.” [25].

3.3.8 - Resolução nº. 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA N.º 357/05

A Resolução CONAMA 357/2005 [13], 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. Publicada pelo Ministério do Meio Ambiente classifica os corpos aquáticos do território nacional segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, estabelece limites máximos de concentração para até 66 classes de substâncias potencialmente prejudiciais, além de definir limites e/ou condições para outros 10 parâmetros físico-químicos. Além disso, regulamenta o padrão de lançamento de efluentes líquidos de qualquer fonte poluidora, direta ou indiretamente, no ambiente aquático, incluindo limites máximos de concentração admissíveis para até 29 classes de substâncias e definindo limites e/ou condições para 5 outros parâmetros físico-químicos.

Os padrões de qualidade das águas doce no Brasil foram criados de forma a identificar e limitar a presença efetiva ou potencial de substâncias ou microorganismos que possam comprometer essa qualidade, avaliando os impactos sobre a biota, decorrentes da atividade humana nas diferentes bacias hidrográficas. Embora sejam inúmeras as espécies químicas potencialmente impactantes sobre a qualidade das águas e dos efluentes, as legislações ambiental e sanitária contemplam um número limitado, onde são considerados os efeitos sabidamente prejudiciais à saúde e ao meio ambiente e cuja ocorrência é mais provável.

Para realizar o controle da poluição das águas de rios e reservatórios utilizam-se os padrões de qualidade, que definem os limites de concentração a que cada substância presente na água deve obedecer. Esses padrões dependem da classificação dos corpos d'água.

De acordo com a salinidade, os corpos d'água são assim classificados: água doce (salinidade inferior ou igual a 0,5‰), salobra (salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰) e salina (salinidade superior a 30‰). As águas doces, salobras e salinas do Território Brasileiro são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, assim distribuídas: Cinco para as águas doces, quatro para as águas salobras e quatro para as salinas. Os cursos de água devem ter o seu uso prioritário definido por legislação e, a partir daí, com base nos critérios de quali-

dade da água, são estabelecidos limites para todos os parâmetros que interferem com os usos a que são destinados [11]. Segundo os seus usos as águas doces são assim classificadas:

I - Classe Especial – Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1 – Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho); 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 películas; e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 – Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 – Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à dessedentação de animais; e aos usos menos exigentes.

V - Classe 4 – Águas destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

As condições e padrões para o lançamento dos efluentes direta ou indiretamente nos corpos d'água são estabelecidas conforme alguns parâmetros citados abaixo:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°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;
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor;
- Ausência de materiais flutuantes.
- Limites máximos admissíveis das substâncias constantes na **Tabela 2**,

Tabela 2 – Padrões de Lançamento de alguns Efluentes segundo o CONAMA 357/05 (Brasil) e a Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Água (Equador)

Parâmetro	Unidade	Brasil	Equador
Arsênio total	mg/L As	0,5	0,1
Bário total	mg/L Ba	5,0	2,0
Boro total	mg/L B	5,0	2,0
Cádmio total	mg/L Cd	0,2	0,02
Chumbo total	mg/L Pb	0,5	0,2
Cianeto total ¹ (**)	mg/L CN	1,0	0,1
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos) (*)	mg/L CN	0,2	0,1
Cobre dissolvido total	mg/L Cu	1,0	1,0
Cromo hexavalente (**)	mg/L Cr ⁶⁺	0,1	0,5
Cromo trivalente (**)	mg/L Cr ³⁺	1,0	-
Estanho total	mg/L Sn	4,0	5,0
Ferro total	mg/L Fe	15	10
Fluoreto total	mg/L F	10,0	5,0
Manganês dissolvido	mg/L Mn	1,0	2,0
Mercurio total	mg/L Hg	0,01	0,005
Níquel total	mg/L Ni	2,0	2,0
Nitrogênio amoniacal total	mg/L N	20,0	10 (NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻)
Prata total	mg/L Ag	0,1	0,1
Selênio total	mg/L Se	0,30	0,1
Sulfeto total	mg/L S	1,0	0,5
Zinco total	mg/L Zn	5,0	5,0

(*) – parâmetro modificado pela Resolução Conama 397/08

Comparando-se a Legislação Brasileira com a Legislação Equatoriana, cujos padrões de lançamento de alguns efluentes foram incluídos na **Tabela 2**, verifica-se que esta última é mais restritiva do que a brasileira, incluindo inclusive parâmetros como alumínio, vanádio e cobalto, não considerados na Resolução CONAMA 357/05, apresentando valores até dez vezes mais rigorosos para alguns elementos. A legislação equatoriana foi aqui utilizada por ser o Equador um país da América do Sul cujos dados aqui foram mais facilmente encontrados na internet.

3.4 – Caracterização química e física da água

Os componentes presentes na água podem ser divididos em físicos, químicos e biológicos. Estes podem ser originários do próprio ambiente ou introduzidos por atividades humanas. Neste estudo serão tratados apenas os parâmetros físicos e químicos.

Para a análise das águas e a correta avaliação dos parâmetros que serão utilizados neste estudo, a definição dessas propriedades é de importância fundamental, por serem os indicadores de qualidade da água avaliados por condições e padrões específicos, pois estes parâmetros podem apresentar concentrações superiores às estabelecidas pela legislação vigente.

3.4.1 – Características físicas

As características físicas são aquelas de apreciação imediata, capazes de levar os consumidores a questionar a qualidade e a segurança da água, não significando muitas vezes, um perigo direto para a saúde.

Os parâmetros físicos utilizados neste estudo foram: condutividade elétrica, cor, sólidos totais dissolvidos e turbidez que são descritos a seguir.

3.4.1.1 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátions e ânions. A condutividade é diretamente proporcional à concentração dos íons dissolvidos na água, às suas cargas e ao seus tamanhos relativos.

Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade que mais se destacam são: cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos.

A condutividade elétrica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação de quais os íons que estão nela presentes. A condutividade representa uma medida indireta da concentração de poluentes [26]. É expressa comumente em microSiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Na água, o valor da CE pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de íons nela dissolvidos. Em águas cujos valores de pH estão nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade devem-se principalmente às altas concentrações dos íons H^+ e OH^- em solução [6].

As águas naturais apresentam geralmente condutividade elétrica inferior a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir até $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais [7]. O aumento da condutividade elétrica específica em ambientes lânticos (lagos e represas) é um indicativo indireto da degradação do manancial, por conta do assoreamento e aumento da evaporação, concentrando sais na água.

3.4.1.2 – Cor

A cor das águas naturais é o resultado, principalmente, da presença de ácidos húmicos, fúlvicos originados de decomposição de vegetais que ocorre no meio ambiente, podendo também ser devido à presença de alguns íons metálicos naturais como ferro e manganês e despejos industriais.

A cor de origem antropogênica pode ser devido aos lançamentos de diversos resíduos industriais.

Os compostos orgânicos que conferem cor às águas são provenientes de duas fontes principais:

- maior predominância, da decomposição de matéria orgânica de origem principalmente vegetal (substâncias húmicas) e do metabolismo de microorganismos presentes no solo.
- atividades tais como descargas de efluentes domésticos ou industriais, liviação de vias urbanas e solos agriculturáveis.

A cor pode ser:

- verdadeira ou real - é a cor presente em uma amostra de água, devido à presença de substâncias dissolvidas.
- aparente - é aquela devido à presença de substâncias dissolvidas e substâncias em suspensão. A cor aparente inclui a turbidez. Após a centrifugação, elimina-se esta e se obtém a cor verdadeira.

O valor da cor produzida por 1,0 mg/L de platina em combinação com 0,5mg/L de cobalto metálico, é considerada como a unidade padrão de cor. A cor é então expressa como mg Pt/L.

3.4.1.3 – Turbidez

A turbidez na água é causada pela presença de matérias em suspensão, tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos [27]. Estes materiais ocorrem em tamanhos diversos, variando desde as partículas maiores que se depositam (tamanho superior a 1 μm) até as que permanecem em suspensão por muito tempo.

Nas águas naturais, a presença da turbidez provoca a redução de intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, e com isso reduz a fotossíntese dos organismos do fitoplâncton e da vegetação enraizada submersa influenciando decisivamente nas características do ecossistema presente. Quando sedimentadas, estas partículas formam bancos de lodo onde a digestão anaeróbia leva à formação de gases tais como metano, gás carbônico, principalmente, nitrogênio gasoso e gás sulfídrico (H_2S) de odor desagradável [7].

A turbidez é utilizada na caracterização de águas brutas e de águas tratadas no controle de estações de tratamento de águas. A turbidez juntamente com a cor constituem parâmetros operacionais de extrema importância para o controle dos processos de coagulação-floculação, sedimentação e filtração. Além disso, há outra preocupação com relação à presença de turbidez nas águas a serem desinfetadas com cloro, pois as partículas grandes podem abrigar microrganismos, protegendo-os contra a ação deste agente desinfetante. Daí a importância das fases iniciais do tratamento para que a qualidade biológica da água a ser distribuída possa ser garantida.

A medição da turbidez é feita com o turbidímetro ou nefelômetro que compara o espalhamento do feixe de luz ao passar pela amostra, com o do feixe de igual intensidade, ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. A unidade mais utilizada é a UNT (ou NTU em inglês) que é unidade nefelométrica de turbidez.

3.4.1.4 – Sólidos totais dissolvidos

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.

De acordo com o tamanho das partículas os sólidos podem ser caracterizados em suspensos e dissolvidos.

Os sólidos totais dissolvidos são constituídos por carbonatos, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato possivelmente de cálcio, magnésio e potássio podendo ainda ter pequena quantidade de ferro, manganês dentre outras, ou seja, todas as substâncias presentes na água contribuem para a carga de sólidos [27].

Elevados teores de sais minerais dissolvidos, particularmente de sulfato e cloreto, estão associados à corrosão em sistemas de distribuição de água, como tubulações e reservatórios, além de provocarem sabor nas águas [28].

3.4.2 – Características químicas

Os parâmetros químicos são índices de grande importância para a caracterização da água que devido às suas características pode reagir em maior ou menor grau com quase todas as substâncias. Estes parâmetros podem ser relacionados a valores que permitem classificar o grau de contaminação, a origem ou ainda a natureza dos principais poluentes e os efeitos que os mesmos podem produzir na água.

Os parâmetros químicos utilizados neste estudo foram: série nitrogenada (amônia – NH_3 , nitrito – NO_2^- e nitrato – NO_3^-), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (P), oxigênio dissolvido (OD), pH e os metais e metalóides: alumínio (Al), antimônio (Sb), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), selênio (Se), prata (Ag), mercúrio (Hg), vanádio (V) e zinco (Zn).

3.4.2.1 – Série nitrogenada (amônia, nitrito e nitrato)

O nitrogênio é o elemento mais abundante na atmosfera (o gás N_2 compõe apro-

ximadamente 78% da troposfera). Seus compostos são nutrientes para os processos biológicos. Estes são considerados como macro nutrientes por ser o nitrogênio, depois do carbono, o elemento requisitado em maior quantidade pelas células vivas [28].

Na ausência de atividade humana, o nitrogênio é originário principalmente, dos microorganismos (cianobactérias nas águas e algumas bactérias do solo) que transformam o nitrogênio gasoso (N_2) em amoníaco (NH_3) [129].

Na fixação do nitrogênio, as bactérias cianofíceas (algas azuis fixadoras), presentes nos solos e nos ambientes aquáticos podem converter o nitrogênio em amônia, utilizada pelas plantas ou no íon (NH_4^+). A produção de amônia também pode ser resultante do processo da amonificação onde compostos orgânicos ricos em nitrogênio, em forma de resíduos e corpos de animais, são convertidos em amônia pelas bactérias decompositoras especializadas [29].

Em ambientes anaeróbicos (pobre em oxigênio) como no fundo dos lagos estratificados, o nitrogênio existe em suas formas completamente reduzidas, NH_3 e íon amônio, NH_4^+ [30].

Resultante do processo de degradação da matéria orgânica, a NH_3 apresenta diferentes graus de toxicidade a depender da concentração de suas várias formas apresentadas no meio aquoso: na forma de gás incolor NH_3 , muito volátil, solúvel em água e possuidora de odor penetrante e característico; na forma orgânica, com capacidade de dissociação com a H_2O , formando NH_4^+ e até em águas com a presença de cloro reagindo e formando substâncias tóxicas como as cloraminas [31].

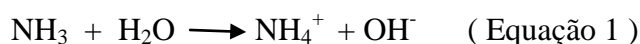
A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L [31]. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio [27]. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

A concentração de amônia nas águas naturais que normalmente é baixa, não causa nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais. A presença de amônia na água significa que esta é pobre em oxigênio dissolvido e que o ambiente deve ter muita matéria orgânica em decomposição [32].

A amônia e o íon amônio são oxidados pelas bactérias nitrificantes nitrosomonas se transformando em NO_2^- . As bactérias nitrificantes nitrobacter por sua vez, oxidam o NO_2^- formando-se assim o NO_3^- , espécie menos tóxica e menos volátil [31].

No processo de desnitrificação, as bactérias desnitrificantes transformam nitrato em nitrito e em seguida em N_2 que retorna para a atmosfera [31].

Na água, a amônia não ionizada NH_3 está em equilíbrio com o íon amônio NH_4^+ . Este equilíbrio é regido pelo pH e pela temperatura e pode ser representado pela Equação 1.



A inorgânica NH_4^+ torna-se cada vez mais tóxica à medida que aumenta o pH, sendo ainda pouco ou não volátil, porém menos estável e mais solúvel. Já a amônia orgânica NH_3 , que é a forma mais tóxica, embora se formando em baixa concentração, em pH mais baixo é facilmente volatilizada, porém aumentando sua toxicidade à medida que aumenta o pH (alcalino), podendo então tornar-se altamente tóxica [32].

A grande maioria dos organismos aquáticos é muito sensível à amônia, porém para o ser humano é o odor e não a toxicidade, que impõe seu limite para critérios de potabilidade [32].

Em águas doces naturais convencionalmente neutra, (pH próximo de 7,0), a amônia orgânica/ NH_3 , encontra-se numa percentagem de 1% comparada ao NH_4^+ , em pH 8,0 esse percentual é igual a 5% de NH_3 ; com pH 8,5 igual a 15% e; em pH 9,0 apresenta-se na faixa de 36% [20]. Em relação à percentagem de NH_4^+ (amônia inorgânica), em meio alcalino, (acima de pH 9,0), a amônia orgânica/ NH_3 , pode chegar a ser 50 vezes mais tóxica. A amônia orgânica/ NH_3 , também conhecida como amônia não ionizada, é mais tóxica devido, provavelmente, a sua capacidade de difusão através da membrana epitelial dos organismos aquáticos, dificultando mecanismos naturais de eliminação dessa substância por esses organismos[10, 32].

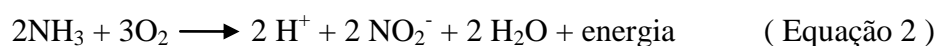
O padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para as classes 1 e 2 das águas doces varia de acordo com os valores do pH, sendo 3,7 mg $\text{NH}_3\text{-N/L}$ para pH iguais a 7,5; 2 mg $\text{NH}_3\text{-N /L}$ para pHs entre 7,5 a 8,0; 1mg $\text{NH}_3\text{-N /L}$ para pHs entre 8,0 e 8,5 e 0,5 $\text{NH}_3\text{-N/L}$ para pHs maiores do que 8,5 e 13,3 mg/L N para $\text{pH} \leq 7,5$; 5,6

mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 2,2 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ e 1,0 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$, respectivamente.

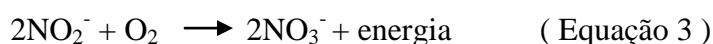
O nitrito (NO_2^-) pode ser proveniente de excesso de amônia nas redes de distribuição de água potável quando se utiliza cloraminas como desinfetante ou quando elas se formam in situ a partir do cloro e da amônia [33]. O nitrito é tóxico para as plantas e apresenta toxicidade mais elevada que o nitrato sendo que sua tolerância em mananciais não deve ultrapassar 1,0mg/L, expresso em nitrogênio[34].

O nitrito, quando presente na água de consumo humano, tem um efeito mais rápido e pronunciado do que o nitrato. Se o nitrito for ingerido diretamente, pode ocasionar metemoglobinemia independente da faixa etária do consumidor.

O nitrito pode ser resultante da oxidação da amônia pelas bactérias nitrosomonas em ambiente aeróbio, conforme Equação 2.



Em ambientes aeróbicos (ricos em oxigênio), como na superfície dos lagos, o nitrogênio existe na sua forma mais oxidada e mais estável, nitrato/ NO_3^- [29]. Os dejetos humanos e de animais são suas principais fontes. O nitrato pode ser formado a partir da oxidação do nitrito em condições aeróbicas, conforme Equação 3.



Segundo BAIRD [29], o cultivo intensivo da terra, mesmo sem a aplicação de fertilizantes ou esterco facilita a oxidação para nitrato do nitrogênio reduzido presente na matéria orgânica decomposta no solo sob o efeito da aeração e da umidade. O autor acrescenta ainda que existem ecossistemas completamente dominados pelos compostos de nitrogênio.

Sob a forma de NO_3^- , o nitrogênio tem muita mobilidade nos solos, se acumulando nos lençóis freáticos onde a denitificação não acontece por falta de matéria orgânica, tornando-se então um poluente das águas [31, 34]

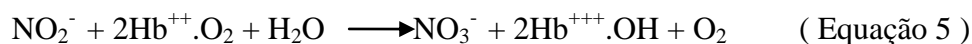
O NO_3^- normalmente não causa nenhum efeito na água doce, onde usualmente é o fósforo e não o nitrogênio o nutriente limitante; o aumento da concentração do nitrato sem o aumento da concentração do fósforo, não leva a um aumento do crescimento das plantas. Entretanto existem casos onde o nitrogênio é o nutriente limitante, mesmo em

água doce [29]. O nitrato não é tóxico nas concentrações normalmente encontradas na água, porém no organismo humano ele pode ser transformado em nitrito conforme Equação 4.



Considera-se que a toxicidade do nitrato é devido à sua redução a nitrito. Corpos d'água com excesso de NO_3^- podem causar metemoglobinemia (ou síndrome do bebê azul). A metemoglobinemia, efeito tóxico mais comumente assinalado pela ingestão de água contaminada por nitrato, é um estado resultante da oxidação (pelo nitrito) do Fe^{+2} , presente na hemoglobina (veículo do oxigênio no sangue dos mamíferos), em Fe^{+3} . A metemoglobina é incapaz de fornecer seu oxigênio aos tecidos devido ao valor elevado de sua constante de dissociação [34].

De acordo com alguns autores [35], o mecanismo bioquímico da oxidação da hemoglobina pelo nitrito não está ainda bem esclarecido. Segundo eles deve ocorrer a passagem do nitrito a nitrato com transformação da oxiemoglobina em hidróxido de hemoglobina e redução da água conforme a Equação 5:



A metemoglobinemia atinge principalmente os bebês, onde o pH estomacal está na faixa de 5 a 7 e pode ser mortal. Em quase todos os adultos a hemoglobina oxidada é facilmente reduzida novamente para sua forma transportadora de oxigênio e o nitrito é rapidamente oxidado para nitrato. Além disso, o nitrato é absorvido, principalmente no trato digestivo dos adultos antes que possa ser reduzido para nitrito [29]. Não existe uma relação precisa entre as doses de nitrato e a taxa de metemoglobina no sangue, mas estima-se que a doença pode aparecer quando as concentrações de nitrato na água de consumo ultrapassa 50 mg/L [31].

3.4.2.2 – Demanda bioquímica de oxigênio – DBO

O aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em um corpo d'água, é provocado por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir a completa extinção do oxigênio na água, provo-

cando o desaparecimento de peixes e de outros organismos. A DBO é definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação específica é frequentemente usado e referido como DBO_5 .

As águas naturais utilizadas para abastecimento público apresentam geralmente $DBO < 5 \text{ mg/L de O}_2$. Valores de DBO mais elevados podem ser apresentados em corpos d'água receptores de efluentes domésticos (DBO da ordem de 200 a 300 mg/L) e industriais ou de águas lixiviadas de criatórios de animais como por exemplo os currais e as pocilgas [26]. Esse aumento pode indicar o incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis, bem como obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água [36].

Segundo a Resolução CONAMA 357/05, no artigo 10, parágrafo 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.

3.4.2.3 – Demanda química de oxigênio – DQO

É um indicador de matéria orgânica. Baseia-se na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. No caso de águas o parâmetro torna-se particularmente importante por estimar o potencial poluidor (consumidor de oxigênio), de efluentes domésticos e industriais, assim como estimar o impacto dos mesmos sobre os ecossistemas aquáticos [37].

Os valores da DQO são expressos em $\text{mg O}_2/\text{L}$ e normalmente são maiores que os da demanda bioquímica de oxigênio de 5 dias a 20 °C, $DBO_{5,20}$, sendo o teste realizado num prazo menor. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial [38].

A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada: enquanto a DBO se refere exclusivamente à matéria orgânica mineralizada por atividade dos microorganismos, a DQO engloba também a estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos. Assim sendo, o valor da DQO é sempre superior ao da DBO. Além do mais, a relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica.

3.4.2.4 - Fósforo total

No ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas:

- orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de microorganismos);
- inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita)

A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas) [7]. Alguns efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios apresenta fósforo em elevadas concentrações. Águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem também provocar a presença de fósforo em altas concentrações nas águas naturais [39].

O fósforo é o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento é excessivo pode ocorrer o fenômeno chamado de eutrofização que é um fenômeno natural de envelhecimento dos lagos. Este processo muito lento se estende por vários anos e é normalmente pouco perceptível na escala de uma geração. Entretanto pode ser acelerado pelo fornecimento de novas fontes de nutrientes. Por isso, é também considerado como um problema ambiental atual que se amplia a cada dia, tanto em nível continental quanto marinho. Uma grande eutrofização tem como consequência uma redução drástica do número de espécies aquáticas vegetais e animais. Há também a degradação da água de tal forma que compromete as suas variadas utilizações, principalmente a produção da água potável [31]. Nos meses de verão a eutrofização po-

de ser verificada através da proliferação de algas, que são microorganismos que contêm clorofila e que produzem seu alimento através da fotossíntese. As algas, segundo GUZZO [9], são resistentes e de difícil remoção e no seu processo da fotossíntese, cuja presença luz é indispensável, absorvem CO_2 e liberam O_2 . O oxigênio liberado pelas algas durante a fotossíntese é benéfico para a maioria das formas de vida do meio aquático. O nutriente limitador do processo é o fosfato orgânico. A presença de ferro, alumínio, cálcio e manganês facilita a precipitação do fosfato.

A Resolução CONAMA 357/05, artigo 10º diz o seguinte: parágrafo 2º - os valores mínimos 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; parágrafo 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 não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lóticos e 2,18 mg/L para ambientes lênticos, na vazão de referência.

3.4.2.5 - Oxigênio dissolvido

O oxigênio tem uma baixa solubilidade na água. Sob condições normais de temperatura e pressão sua concentração de saturação na água é de 9,2 mg/L, enquanto no ar é da ordem de 270 mg/L. O oxigênio dissolvido (OD) é um parâmetro muito importante como indicativo de poluição e grau de depuração, uma vez que qualquer consumo indevido traz imediatamente repercussões na vida aquática.

As águas superficiais de boa qualidade devem estar saturadas de oxigênio. Segundo FARIAS [6], um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta um teor de OD entre 8 a 10 mg/L.

As variações nos níveis de OD estão relacionadas com os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no meio aquático. Sua redução pode ocorrer por razões naturais como a respiração dos organismos presentes nos ambientes aquáticos, como também por perdas para a atmosfera, oxidação de íons, na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e

certos resíduos industriais [40]. A decomposição da matéria orgânica nos cursos d'água pode também reduzir o teor de OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste.

A concentração mínima de oxigênio dissolvido necessária para a manutenção da vida aquática está na faixa entre 2 a 5 mg/L OD, de acordo com a necessidade de cada organismo. A concentração de OD disponível mínima para a sobrevivência da maioria dos peixes é de 4 mg/L e de 5 mg/L para trutas e salmões [27]. Portanto a morte de peixes em rios poluídos se deve à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

Em ausência de OD (condição de anaerobiose) os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida, geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem nessas condições no meio aquático [6].

3.4.2.6 – pH

O potencial hidrogeniônico (pH) da água representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Consiste na concentração de íons H^+ nas águas. É determinado em escala antilogarítmica ($-pH = -\log_{10} [H^+]$), compreendendo o intervalo de 0 a 14. Valores de pH inferiores a 7 indicam condições ácidas e superiores, indicam condições básicas ou alcalinas da água natural.

O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos.

As águas naturais de superfícies apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado para a manutenção da vida aquática, embora a prevalência de matéria orgânica, manifestada na cor verdadeira, concorra para valores abaixo de 5.

Nas águas naturais as variações de pH são ocasionadas geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO_2), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos [6].

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta. Quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, de-

vido à produção de ácidos húmicos e fúlvicos na decomposição de material disponível. As águas do Rio Negro, no Amazonas possuem pH muito baixo, devido ao excesso desses ácidos em solução. O pH de um corpo d'água também pode variar, dependendo da área de drenagem da bacia. Quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas deste corpo d'água [6].

Os valores de pH dos rios brasileiros situam-se na faixa de ácido a neutro. Alguns rios da Amazônia brasileira possuem pHs próximos de 3 que é um valor muito baixo para suportar diversas formas de vida. Rios que cortam áreas pantanosas (rios de mangue, por exemplo) também têm águas com pH muito baixo, devido à presença de matéria orgânica em decomposição [6].

O pH pode atingir valores muito altos, chegando a 9 ou até mais, em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados. Isso porque no processo da fotossíntese, as algas retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Em alguns lagos africanos o pH pode apresentar valores superiores a 10 em função da composição química de suas águas [7].

Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais [41]. As águas naturais de superfícies apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado à manutenção da vida aquática, embora a prevalência de matéria orgânica, manifestada na cor verdadeira, concorra para valores abaixo de 5.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 a faixa de pH para as águas doces de todas as classes é de 6,0 a 9,0 enquanto a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde estabelece valores no intervalo de 6 a 9,5 para o pH da água tratada. Neste último caso este amplo intervalo visa minimizar as perspectivas de corrosão (para valores muito baixos) ou incrustação (para valores elevados) nas redes de distribuição.

3.4.2.7 – Metais

Os metais pesados são de grande importância para os ecossistemas aquáticos. Nestes, participam de vários processos metabólicos, como a precipitação da matéria orgânica dissolvida que produz uma melhor aparência da água, resultando assim, numa influência positiva sobre a produção de fitoplâncton. Alguns deles são essenciais no processo da fotossíntese como, por exemplo, Zn, Fe, Cu e Co [42]. Outros elementos como

Hg, Pb, Cd, Ag, Ni e Sn não têm função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma variedade de organismos [41].

Apesar da função, alguns desses elementos apresentam alta toxicidade aos organismos vegetais e animais, quando presentes em grandes concentrações. Em determinadas concentrações são considerados contaminantes químicos nas águas causando danos à saúde, podendo inclusive, inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações convencionais de tratamento não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são de custo elevado. Nessas concentrações merecem atenção especial, pois, por não serem biodegradáveis, permanecem por longos períodos no ambiente principalmente nos sedimentos [43].

De acordo com CHAVES [14], treze metais e metalóides tem sido reconhecidos como potencialmente perigosos para a vida humana e a biota aquática e incluídos nas listas de poluentes prioritários (*Priority Pululantes List*) das agências de controle ambiental do mundo. São eles : As, Sb, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Th e Zn.

Os metais são absorvidos e se acumulam nos invertebrados aquáticos atingindo concentrações mais elevadas em unidades de peso do que as suas concentrações nas águas do entorno. Após a absorção, que se dá através da difusão facilitada, o excesso do metal é excretado ou acumulado ligado a proteínas.

A introdução dos metais pesados nos ambientes aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, no intemperismo ou por fontes antropogênicas. [44,45].

Neste estudo foram investigadas as concentrações dos metais: Alumínio(Al), bário (Ba), berílio (Be), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), lítio (Li), manganês (Mn), níquel (Ni), prata(Ag), mercúrio (Hg), vanádio (V) e zinco (Zn) e os metalóides antimônio (Sb), arsênio (As), boro (B), e selênio (Se).

3.4.2.7.a - Alumínio (Al)

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre(cerca de 8%). É encontrado em certo número de minerais tais como o feldspato e a mica que com o tempo se decompõe em argila [33].

O alumínio é principalmente extraído sob a forma de bauxita, um mineral contendo de 40 a 60 por cento de óxido de alumínio (alumina). O alumínio está presente também no solo, nos tecidos das plantas e dos animais

Os sais de alumínio são utilizados pela indústria farmacêutica como ingredientes importantes dos antiácidos e dos anti-diarréicos. O alumínio é igualmente muito utilizado como aditivo alimentar e como componente dos materiais de embalagem de produtos alimentícios. Além disso, uma grande quantidade de sais de alumínio (alúmen) é comumente utilizada como floculante no tratamento da água potável [33].

Os estudos realizados com os rios da América do Norte mostraram que o alumínio é encontrado mais frequentemente nas águas superficiais do que nas águas subterrâneas; somente 9% das águas subterrâneas apresentaram quantidades detectáveis de alumínio (limite de detecção 0,014 mg/L) enquanto 78% das águas superficiais continham alumínio detectável [33].

A especiação química do alumínio na água potável é de interesse particular, pois é a forma do alumínio que determina sua mobilidade, sua biodisponibilidade e sua toxicidade. O pH é um dos fatores que determinam a forma do alumínio presente na água. A solubilidade do alumínio aumenta em pHs menores em razão da formação de $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ e de $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$. A forma sob a qual o alumínio está presente na água potável depende também da fluoretação, pois o fluoreto tem uma grande afinidade com o alumínio, sobretudo em condições ácidas. Nas águas fluoretadas em pHs inferiores a 6,5 predominam as espécies AlF_2^+ e AlF_3 [33].

Não existe nenhuma prova convincente e sólida indicando que o alumínio na água potável possa ser a causa de efeitos nocivos ao ser humano; o alumínio não afeta a aceitabilidade da água potável pelos consumidores e não prejudica os mecanismos de abastecimento de água de boa qualidade. Por consequência, não é estabelecida recomendação em matéria de saúde ou de objetivo estético para o alumínio na água potável [33].

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) é possível estabelecer um valor guia baseando-se na otimização do processo de coagulação da água potável para plantas que utilizam coagulantes à base de alumínio. Para grandes instalações de tratamento de águas estabeleceu-se 0,1 mg/L ou menos e 0,2 mg/L ou menos para pequenas instalações [46].

As concentrações de alumínio deveriam ser expressas sob a forma de média móvel anual de amostras mensais porque as concentrações de alumínio na água potável

podem variar muito rapidamente com as mudanças de qualidade da água bruta ou com as mudanças de exploração [33].

Na Portaria 518/04 o alumínio faz parte das substâncias que são padrões de aceitação para consumo humano e sua concentração máxima estabelecida é de 0,2 mg Al/L.

3.4.2.7.b - Antimônio (Sb)

O antimônio ocorre naturalmente no meio ambiente e pode também ser introduzido através de diversas aplicações do homem.

O antimônio não é um elemento essencial para a vida humana. Sua toxicidade depende do estado de oxidação em que se encontre. Geralmente as formas correspondentes ao estado de oxidação +3 manifestam maior toxicidade do que as correspondentes no estado de oxidação +5. O antimônio não é bioacumulativo.

A evolução do antimônio no meio aquático é determinada por vários fatores dentre eles o pH, o potencial de oxirredução, as interações de sorção e a metilação de origem biológica. Em meio aquático o antimônio pode se apresentar sob a forma de íon ou de complexo solúvel. A maior parte do antimônio dissolvido (no estado de oxidação +5) que poderia ser rejeitada nas águas naturais precipita rapidamente sob a forma de trióxido de antimônio ou de pentóxido de antimônio e é eliminada por sedimentação [33].

Os compostos de antimônio foram utilizados durante muito tempo como agentes terapêuticos heméticos para as doenças parasitárias, tais como: schistosomose, leishmaniose, tripanossomíase e o granuloma ulceroso. Os efeitos secundários da terapia com antimônio cuja dosagem média pode atingir 1g/dia, durante 10 dias, incluem a miocardia, a hepatite e a nefrite. Uma intoxicação aguda se caracteriza por dores abdominais, vômitos, diarreia, desidratação, dores musculares, hemoglobinúria, anúria e uremia. Níveis de antimônio em torno de 30mg/L em uma bebida contaminada provocou náuseas, vômitos e diarreias em 150 crianças [33].

A concentração máxima aceitável de antimônio na água potável é calculada a partir da ACT (aporte cotidiano tolerável), cujo valor é de 0,004 mg/L que é inferior ao limite de dosagem prática. A concentração máxima aceitável provisória de antimônio na água potável foi estabelecida no limite da dosagem prática que é de 0,006 mg/L [33].

Dos países da América do Sul aqui estudados, o Brasil é o único que controla o teor de antimônio na água tratada, estabelecendo um valor máximo permitido de 0,005 mg/L, para as águas doces das classes 1 e 2 e para o padrão de potabilidade da Portaria 518/04.

3.4.2.7.c - Arsênio (As)

As águas de rios e lagos geralmente apresentam teores de arsênio menores do que 10 µg/L, se não ocorrerem contaminações antropogênicas, tais como fabricação de agrotóxicos arseniais, fundição e atividades de mineração [47].

O arsênio é um semimetal que pode existir em quatro estados de oxidação: arsenato (+5), arsenito (+3), arsina (-3) e o metal (0). As espécies solúveis geralmente ocorrem nos estados de oxidação +3 e +5.

Os compostos do arsênio apresentam diferentes toxicidades dependendo da forma química. A toxicidade decresce na seguinte ordem: compostos de As^{+3} inorgânico > compostos de As^{+5} inorgânico > As^{+3} orgânico > compostos de As^{+5} orgânico. Em termos de intensidade o As^{+3} é cerca de 10 vezes mais tóxico do que a dos compostos de As^{+5} [47].

Os sinais e sintomas causados pelo As diferem entre indivíduos, grupos populacionais e áreas geográficas, podendo variar desde lesões de pele, problemas respiratórios, doenças cardiovasculares e distúrbios neurológicos até vários tipos de câncer (de pele, pulmão (inalação), próstata, bexiga, rim e fígado) [48,49].

O Arsênio é usado como inseticida, herbicida, fungicida, na indústria da preservação da madeira e em atividades relacionadas com a mineração e com o uso industrial de certos tipos de vidros, tintas e corantes.

3.4.2.7.d - Bário (Ba)

O bário pode ocorrer naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais. Decorre principalmente das atividades industriais e da extração da bauxita. Não possui efeito cumulativo, sendo que a dose fatal para o homem é considerada de 550 a 600 mg.

Os sais de bário são utilizados industrialmente na elaboração de cores, fogos de artifício, fabricação de vidro, inseticidas, etc. Em geral, ocorre nas águas naturais em concentrações muito baixas, de 0,7 a 900 µg/L [28].

3.4.2.7.e – Berílio (Be)

O Berílio é um metal muito leve. Devido às suas propriedades como alta resistência e elevada condutividade térmica tem sido usado em muitas aplicações industriais e militares.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - USEPA [50] considera um limite máximo de 130 µg/L de Be para prevenir efeitos agudos na biota aquática e 5,3 µg/L para prevenir efeitos crônicos. Com relação à saúde humana, considera tolerável um valor máximo de 3,7 ng / L em água potável e um pouco mais nos tecidos dos peixes. A Portaria 518/04 não estabelece nenhum limite para este metal, entretanto a Resolução CONAMA 357/05 estabelece, para águas doces destinadas ao abastecimento público para as classes 1 e 2, o limite de 0,04mg/L Be. Para a classe 3 esse limite passa para 0,1mg/L. A legislação brasileira também não estabelece nenhum valor para lançamento de efluentes.

3.4.2.7.f – Boro (B)

O boro elementar não é significativamente tóxico, não podendo ser classificado como veneno. Quando em pó muito fino, é duro e abrasivo, podendo causar indiretamente problemas de pele, se esta for esfregada depois de estar em contato com ele.

Parecem ser indispensáveis pequenas quantidades de boro na água para o crescimento das plantas, mas em grandes quantidades é tóxico. A importância do boro para as plantas tem sido crescente, devido principalmente à expansão da agricultura em áreas de baixa fertilidade natural e sob condições de alta pluviosidade [51]

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde do Brasil não faz referência a este parâmetro, no entanto, a OMS recomenda valor máximo de 0,5 mg/L para água potável. A resolução CONAMA 357/05 controla este parâmetro nas águas doces das classes 1 e 2, destinadas ao abastecimento doméstico estabelecendo um valor limite de 0,5 mg/L. Para

as águas da classe 3 esse valor passa para 0,75 mg/L B. Para lançamento de efluentes o valor é 5,0 mg/L.

3.4.2.7.g - Cádmio (Cd)

O cádmio é um elemento que não possui função biológica e é altamente tóxico a animais e plantas, no entanto os níveis naturalmente encontrados normalmente não causam toxicidade aguda. O maior risco à saúde do homem provém da sua acumulação nos rins, onde pode causar disfunção no córtex, em concentrações acima de 200mg/kg de peso fresco. A entrada de cádmio no organismo humano se dá principalmente através dos alimentos, entretanto o fumo e as exposições ocupacionais aos vapores de óxido de cádmio (CdO) são também fontes importantes de contaminação[46].

O cádmio é um dos metais mais preocupantes, principalmente devido a ser facilmente absorvido pelas plantas, acumulando-se à medida que sobe na cadeia trófica. A FAO/WHO recomenda que o nível de ingestão máxima tolerada seja 400 a 500 µg/semana o que equivale a aproximadamente 70 µg/dia. Os fumantes acrescentam uma dose extra de 20 a 35 µg/dia à sua ingestão.

Nas águas naturais, é encontrado em sedimentos de fundo e em partículas em suspensão. Em águas não poluídas sua concentração é inferior a 1,0 µg/L [43].

O cádmio, em pequenas doses, afeta os órgãos reprodutores de alguns animais. No homem, provoca irritação gastrointestinal com ocorrência de vômitos, ataca a medula óssea conseqüentemente, à redução dos glóbulos vermelhos gerando anemia. Causa hipertensão, doenças cardiovasculares, diminuição da massa óssea, retardo do crescimento em crianças, prejudica a capacidade excretora dos rins [27]. Um único caso de toxicidade do cádmio, mundialmente aceito foi a doença Itai-Itai ou Dói-Dói, observada no Japão em pessoas que se alimentavam de arroz contaminado (conc. entre 0,005 mg/L a 0,18 mg/L) por uma mina de zinco [52].

3.4.2.7.h - Chumbo (Pb)

O chumbo é o metal tóxico mais comum. Por ser um metal mole resistente à corrosão e tendo um ponto de fusão baixo (327°C) vem sendo bastante utilizado desde a época do romanos. Por este motivo é um metal bastante presente no meio ambiente [33].

O chumbo é um metal tóxico cumulativo de efeitos generalizados, sendo mais acentuadas em fetos, recém nascidos, crianças de seis anos ou menos e mulheres gestantes, que por causa do feto são as mais sensíveis aos efeitos nocivos sobre a saúde. O chumbo pode atacar gravemente o sistema nervoso central. Os sinais de intoxicação aguda são dentre outros, moleza, agitação, irritabilidade, baixa capacidade de atenção, cefaléias, tremores musculares, alucinações e perda de memória além de encefalopatias em adultos com concentrações de chumbo no sangue de 100 a 120 $\mu\text{g/dL}$ e em crianças com concentrações entre 80 e 100 $\mu\text{g/dL}$. Sinais de intoxicação crônica (saturnismo) incluem fadiga, sono, irritabilidade, cefaléia, dores articulares e sintomas gastrointestinais. Os efeitos da exposição ao chumbo variam de acordo com o nível e duração da exposição e com outros fatores [33].

A queima de combustíveis fósseis é uma das suas principais fontes de poluição além das fontes ambientais de chumbo e seus sais como a ingestão de ar, poeira, alimentos, bebidas e tintas [42]. Em condições naturais apenas traços são encontrados nas águas (na ordem de 0,01 $\mu\text{g/L}$ ou menos) [27].

TOMAZZELI [54], estudando a comparação entre as concentrações de chumbo, cádmio e mercúrio em seis bacias hidrográficas de São Paulo (Alto Paranapanema, Peixe, Aguapeí, São José dos Dourados, Mogi-Guaçu e Piracicaba) encontrou concentrações relativamente elevadas de Cd no material particulado do rio Piracicaba. No rio Mogi-Guaçu, considerado no passado contaminado por Hg (atualmente os níveis foram reduzidos, conforme observação da autora), pode sê-lo agora, em relação ao Cd e ao Pb, devido ao acúmulo destes metais na biota aquática.

3.4.2.7.i - Cobalto (Co)

O cobalto é um elemento químico essencial à vida do homem. Está presente na vitamina B12, tem sua utilização principal na indústria metalúrgica para produção de aços com características especiais de dureza e resistência. Na forma de óxidos é utilizado como catalisador na indústria química e de óleos. Na forma de sais, uma das utilizações é na indústria de cerâmica, como pigmento [55].

O cobalto, assim como todos os micronutrientes essenciais, apresenta duas zonas de exposição incompatíveis com a vida: tanto a deficiência como o excesso podem levar à doença ou à morte. Os efeitos tóxicos observados nas exposições a diferentes

compostos de cobalto são mais pronunciados nos pulmões, na forma de asma brônquica e fibrose [55].

O cobalto é encontrado na água potável normalmente na faixa entre 0,1 – 5 µg/L. Não é nem parâmetro da qualidade nem de potabilidade das águas.

3.4.2.7.j - Cobre (Cu)

O cobre é considerado um dos elementos essenciais mais importantes para toda a biota. Em pequenas concentrações participa dos processos metabólicos, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias.

Concentrações normais de cobre nas águas superficiais variam consideravelmente, de 0,5 a 1.000 mg/L e na água do mar de 1 a 5 µg/L. A presença de concentrações elevadas de cobre pode eliminar espécies aquáticas sensíveis como as dafneas e lesmas, importante fonte de elemento para os peixes [47].

Segundo pesquisas efetuadas, é necessária uma concentração de 20 mg/L de cobre ou um teor total de 100 mg/L por dia na água para produzirem intoxicações humanas com lesões no fígado. Concentrações de cobre iguais a 5 mg/L produzem gosto na água tornando-a impalatável.

O Cobre, aplicado sob a forma de sulfato de cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, em dosagens de 0,5 mg/L é um poderoso algicida no tratamento das águas. Concentrações a partir 0,5 mg/L são extremamente prejudiciais aos peixes; para os microorganismos a toxicidade começa a partir de concentrações de 1,0 mg/L [27].

A toxicidade hereditária do cobre pode provocar no homem a chamada doença de Wilson. Os portadores dessa doença não eliminam o excesso de cobre espontaneamente, acumulando esse metal logo após o nascimento. Em excesso, ataca o fígado e o cérebro, provocando hepatite e sintomas neurológicos e psiquiátricos. Os sintomas geralmente aparecem no fim da adolescência. Os pacientes podem apresentar doença do fígado ou anomalias na função hepática, icterícia, inchaço do abdome, vômito de sangue ou dor e estômago [43].

3.4.2.7.1 - Cromo (Cr)

O cromo é um metal que não é encontrado livre na natureza. Seus estados de oxidação mais comuns são: +2,+3 e +6. As formas tri e hexavalentes são as mais estáveis.

Exceto em regiões contendo minério de cromo, as concentrações em águas superficiais e água potável são muito baixas, encontrando-se na faixa de 1 a 10 µg/L [47].

A presença do cromo (VI) advém de indústrias que utilizam processos de cromagem de metais, galvanoplastia, indústria de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel, etc [26]. Embora nos despejos de curtumes haja predominância da espécie trivalente Cr (III), dependendo de alguns parâmetros do corpo receptor, acredita-se que a oxidação do Cr (III) à Cr (VI) possa ser favorecida, colocando em risco a fauna, a flora e a população que utilizam essas águas[2].

Grandes quantidades de matéria orgânica presentes na água podem reduzir o cromo (VI) a cromo (III). O cromo (III) pode ser adsorvido ao material particulado ou formar complexos polinucleares de baixa solubilidade, permanecendo em suspensão na forma coloidal e sendo transportado para o oceano ou precipitando-se e tornando-se parte dos sedimento dos lagos e dos rios [47].

A contaminação por cromo, em ecossistemas fluviais, tem sido cada vez mais agravada devido à necessidade e uso freqüente de compostos de cromo pelas indústrias de curtimento de couro (curtumes) [27]. Sua toxicidade depende do estado de oxidação em que é lançado no efluente. Baixos teores de cromo(III) são necessários ao metabolismo humano e animal, porém existem muitas referências sobre os efeitos cancerígenos da espécie hexavalente, Cr (VI), e outras sobre a possibilidade das espécies pentavalente Cr (V), também serem cancerígenas[48]. Acredita-se que um dos fatores que contribui para a elevada toxicidade do cromo (VI) em relação ao cromo (III), seja a sua grande habilidade em penetrar nas células [27].

3.4.2.7.m -Ferro Total

O ferro ao lado do alumínio é o mais importante elemento metálico no ambiente terrestre. Em abundância, o ferro é o quarto elemento na crosta terrestre e o primeiro entre os metais tóxicos.

O ferro é um elemento essencial à nutrição. A ingestão de grandes quantidades tem efeitos tóxicos, mas nada indica que a concentração de ferro comumente observada nos alimentos e na água potável constitua um perigo para a saúde. Por isso uma concentração máxima aceitável não foi determinada.

O ferro é encontrado principalmente sob a forma de Fe (II) e Fe (III). Ele é encontrado geralmente nas águas superficiais sob a forma de sais contendo Fe (III) quando o pH é superior a 7. Alguns destes sais são insolúveis e são precipitados ou adsorvidos sobre diferentes superfícies. A concentração de ferro(II) nas águas bem aeradas é raramente elevada. Em meio redutor como em certas águas subterrâneas, certos lagos ou reservatórios e em ausência de sulfeto e carbonato, pode-se encontrar Fe (II) solúvel em concentração elevada. A presença de ferro em fontes naturais de abastecimento de água é atribuível à decomposição da rocha e de minerais, às águas ácidas de drenagem de minas, às águas de lixívias de descargas controladas, aos efluentes de esgotos como também aos rejeitos dos setores industriais que tratam o ferro. O ferro aparece, normalmente, associado com manganês [46].

Em concentrações acima de 0,3 mg/L, o ferro pode manchar roupas e ainda dar sabor e cor desagradáveis e dureza às águas tornando-as inadequadas ao uso doméstico e industrial. O ferro pode também estimular a multiplicação de certos microorganismos que podem formar uma película biológica nas tubulações [27].

Por razões de qualidade estética ou organoléptica o valor fixado para o ferro na água potável é de $\leq 0,3$ mg/L.

3.4.2.7.n - Lítio (Li)

O lítio é usado na medicina há mais de 140 anos como antidepressivo e anti-reumático. É essencial para o equilíbrio do sistema nervoso entretanto é expulso do organismo devido ao uso excessivo de elementos como flúor, cloro, bromo e iodo. A essencialidade do lítio no organismo humano ainda não está claramente estabelecida. O lítio é importante na síntese de neurotransmissores cerebrais. O aumento de lítio na água pode apresentar menor incidência de doenças cardíacas e aterosclerose e também um menor número de internações psiquiátricas. A deficiência de lítio também é associada com aumento da agressividade. O lítio tem um efeito positivo nos distúrbios do humor. Poucas pessoas tem níveis adequados de lítio facilitando assim o aparecimento de depressão,

violência, uso de drogas e suicídio. O lítio pode ser naturalmente encontrado na couve e na mostarda [56].

3.4.2.7.o - Manganês (Mn)

É o metal de transição mais abundante após o ferro e o titânio. E seus compostos mais comuns são formados nos estados de oxidação +2,+3 e +7. É um elemento essencial para o homem e para os animais, estando presente nas células dos organismos vivos [27].

Os sais manganosos (Mn (II), Mn^{+2}) são solúveis em água, com exceção do carbonato e do fosfato que apresenta solubilidade menor. A adição do íon OH^- às soluções contendo Mn^{+2} resulta na formação de um hidróxido branco gelatinoso $Mn(OH)_2$.

O Mn raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais e, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos. É muito usado na indústria do aço, na fabricação de ligas metálicas e baterias e na indústria química em tintas, vernizes, fogos de artifícios e fertilizantes, entre outros. Sua presença, em quantidades excessivas, é indesejável em mananciais de abastecimento público, pois na forma iônica pode originar problemas de sabor, odor e coloração (turbidez) na água distribuída, além de provocar aparecimento de manchas nas roupas lavadas e acúmulo de depósitos em sistemas de distribuição [27].

3.4.2.7.p - Mercúrio (Hg)

O mercúrio é um elemento tóxico, cumulativo, obtido a partir do cinábrio, que se encontra em 16º lugar no conjunto dos elementos em abundância na terra. Ocorre em processos naturais como emanções vulcânicas, intemperismo, ressuspensão de partículas do solo pelo vento entre outros. Suas principais fontes antropogênicas incluem despejos de rejeitos por indústrias de cloro-soda, atividades garimpeiras, emissões devido à combustão de carvão e derivados do petróleo, aplicações agrícolas, fabrico de praguicidas (fungicidas e herbicidas), etc [57].

O conhecimento das espécies de mercúrio presentes no ambiente é de grande importância para se avaliar a sua toxicidade. Os compostos orgânicos como metil, etil e dimetil mercúrio são altamente tóxicos ao homem. O mercúrio inorgânico, em sua forma metálica, é praticamente inerte e reage muito pouco com o ambiente.

O mercúrio em contato com solo se mistura e se fragmenta favorecendo assim a formação de vapores que são transportados livremente pela atmosfera levando-os a se condensarem em locais mais frios longe do local original, enquanto a maior parte se infiltra no solo atingindo e contaminando o lençol freático e os rios. Em contato com os microorganismos da terra ou da água se transforma em metil mercúrio tornando-se assim, mais perigoso, pois nesta forma pode haver absorção pela pele causando os terríveis efeitos ao sistema nervoso central, rins e fígado [58]. Os principais órgãos alvo da ação tóxica do mercúrio são cérebro, pulmão, rim, tubo digestivo e fígado, e por continuidade, medula óssea e sistema cardiovascular.

Na década de 50 em Minamata, Japão, milhares de pessoas foram contaminadas ao alimentar-se de peixes e outros pescados contaminados por mercúrio. Mães contaminadas pelo consumo de peixes deram luz às crianças defeituosas. Outros casos também foram registrados como os ocorridos no Iraque, Paquistão, Gana e Guatemala, quando centenas de famílias morreram após consumir pão caseiro cujas sementes de trigo haviam sido tratadas com um fungicida à base de metil e etilmercúrio e a morte da pesquisadora Karen Wetterhahn vítima do contato direto com dimetilmercúrio. Acredita-se que algumas gotas de dimetilmercúrio tenham caído sobre a luva de látex da pesquisadora e penetrado em sua pele. O composto rapidamente atingiu o sistema nervoso central provocando alterações de ordem neurológica seguidas do coma que a levou à morte [59].

3.4.2.7.q – Níquel (Ni)

O níquel é um dos cinco elementos mais abundantes, vindo depois do ferro, do oxigênio, do magnésio e do silício. Ocorre naturalmente em vários tipos de rochas e pode entrar para o meio ambiente através dos mecanismos de degradação das rochas.

As concentrações de níquel em mananciais abaixo da faixa de 2-10 µg/L. Concentrações em torno de 0,2-0,6 µg/L foram encontradas nos oceanos. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Como contribuintes principais são também os processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, temos fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios [27].

3.4.2.7.r - Prata (Ag)

A prata é um elemento não essencial. Normalmente existe apenas traços nos tecidos dos animais e dos homens. Entretanto, ela se acumula lentamente no corpo ao longo dos anos.

A ingestão de quantidades excessivas de prata pode causar argíria, um estado caracterizado por uma coloração azul acinzentada da pele, olhos e mucosas. A dosagem exata de prata que provoca esta doença ainda é desconhecida. A argíria é provocada pela ingestão, em uma única dose, de 1000 mg de prata (como arsenamina-prata), quantidade 10 vezes menor que a dosagem de prata (como nitrato) que leva à morte [33].

Os alimentos constituem a principal fonte de ingestão de prata para as pessoas que não são expostas a este elemento em seu trabalho. A dosagem cotidiana ingerida com alimentos e água é muito inferior aos níveis de concentração que poderiam produzir efeitos nocivos. A presença da prata na água potável é negligenciável, exceto se este elemento for utilizado como agente antimicrobiano nas plantas de tratamento de água. De acordo com a OMS, os dados disponíveis sobre a prata não são adequados para que este metal seja considerado como parâmetro de potabilidade através do estabelecimento de valor guia.

3.4.2.7.s - Selênio (Se)

Segundo alguns trabalhos realizados, [33] o selênio é considerado um oligoelemento essencial para a nutrição dos animais, admite-se geralmente que é também indispensável ao homem. O papel biológico essencial do selênio para o homem é provado pela relação direta entre o mal de Keshan, uma miocardiopatia juvenil endêmica de certas regiões da China e a carência em selênio na dieta alimentar. Alguns estudos mostram que este elemento poderia ter propriedades anti cancerígenas. Os alimentos constituem a principal fonte de selênio, para as pessoas que não são expostas em seu trabalho, e os efeitos tóxicos decorrem com mais frequência de uma ingestão alimentar excessiva. Determinou-se que o limite de toxicidez no homem varia entre 0,5 a 0,7 mg/dia e a ingestão cotidiana inferiores a 0,02 ou 0,03 mg poderiam causar efeitos nocivos. No Brasil, a concentração máxima de selênio permitida é de 0,01 mg/L para as águas doces das classes 1

e 2 [47]. Nesta concentração, a água potável contribui com um percentual entre 10 a 25 por cento da ingestão total de selênio.

3.4.2.7.t – Vanádio

O vanádio é um elemento metálico presente em rochas fosfáticas (fertilizantes), petróleo (óleo cru, óleo de xisto) e carvão [33]. Industrialmente o vanádio é usado em ligas metálicas, produção de ferramentas de aço, cerâmica, catálise em processos químicos, resistência à corrosão, para tingimento e estamparia.

O vanádio estimula a mineralização dos ossos e dentes e previne a formação de cáries. O vanádio faz parte de uma enzima tireoideana necessária no processo de organificação do Iodo, necessário à síntese dos hormônios tireoideanos. Na deficiência de vanádio ocorre o aumento da tireóide. O vanádio parece ter também um papel importante no diabetes.[26]

3.4.2.7.u - Zinco(Zn)

Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de $< 0,001$ a $0,10$ mg/L. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço, efluentes domésticos.

Águas com concentrações de zinco superiores a 5 mg/L têm tendência a ser opalescentes, a deixar uma película gordurosa após ebulição e a produzir um gosto indesejável devido à sua adstringência [34]. O zinco por ser um elemento essencial para o ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é extremamente raro. Neste caso, pode acumular-se em outros tecidos do organismo humano; isso só ocorre quando as taxas de ingestão diária são elevadas.

3.5 – Critérios de qualidade das águas

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos fornecem dados importantes para a caracterização e interpretação da qualidade da água. Existem inúmeras substâncias

presentes na água que não devem ultrapassar os limites máximos permitidos pela legislação vigente, pois se tornam nocivos ao homem em uso contínuo, assim como para a sobrevivência dos organismos aquáticos. Esses limites são estabelecidos através dos critérios.

Alguns autores [11] definem “Critérios” como valores estabelecidos cientificamente, que associam concentrações ou níveis de determinados parâmetros a efeitos no meio ambiente. Um critério científico significa uma quantidade limite fixada para um determinado parâmetro que, se obedecida, (limites máximos ou mínimos, conforme a natureza do constituinte) protegerá os usos desejados para um determinado corpo d’água, dentro de um grau de segurança. Segundo estes autores “Padrões” são valores-limites estabelecidos por lei para serem atendidos num corpo hídrico destinado a um uso específico. Para estabelecimento dos padrões de qualidade utilizam-se valores determinados pelos critérios.

Dessa forma, o padrão de qualidade para garantir um determinado uso deve ser no mínimo igual ao critério de qualidade para esse uso[59].

A maioria das legislações utilizadas neste estudo apresenta no mínimo três classes de água destinadas ao consumo humano com exceção das legislações peruana e equatoriana que estabelecem apenas duas, conforme descrição abaixo:

Brasil

A legislação brasileira, Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357/05, estabelece 04 classes de água para consumo humano que vai desde aquela que requer apenas desinfecção (classe especial) até a classe III que requer tratamento convencional ou avançado.

Peru

Segundo a legislação peruana (Decreto Lei nº 17752) [60], as águas doces são enquadradas em 7 classes, conforme a descrição seguinte:

- I. Águas de abastecimentos domésticos com simples desinfecção;
- II. Águas de abastecimentos domésticos com tratamento equivalente a processos combinados de mistura e coagulação, sedimentação e cloração, aprovados pelo Ministério da Saúde do Peru;
- III. Águas para regas de vegetais consumidos crus e bebidas de animais;

- IV. Águas de zonas recreativas de contato primário(banhos e similares);
- V. Águas de pesca de mariscos e bivalves;
- VI. Águas de preservação da fauna aquática e pesca recreativa ou comercial.

Neste trabalho foram consideradas apenas as águas destinadas ao abastecimento doméstico ou seja as águas das classes I e II.

Portugal

A legislação portuguesa, Decreto-Lei n.o 236/98 [61], estabelece a seguinte classificação para as água doces:

- Águas para consumo humano (águas doces superficiais e subterrâneas)
- Águas para suporte da vida agrícola (doces e salobras)
- Águas balneárias
- Águas de rega

As águas superficiais para consumo humano são assim classificadas:

A1 - Águas de abastecimentos domésticos que requerem tratamento físico ou desinfecção;

A2 - Águas de abastecimentos domésticos que requerem tratamentos físico, químico e desinfecção;

A3 - Águas de abastecimentos domésticos que requerem tratamentos físico, químico avançado (ou de afinação) e desinfecção.

Esta legislação estabelece dois valores limites a serem considerados: Valor máximo admissível (VMA), valor de norma que não deverá ser ultrapassado e valor máximo recomendável (VMR), valor de norma que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido. Neste trabalho foi utilizado o valor máximo admissível (VMA) por considerá-lo semelhante ao VMP, utilizado no Brasil, embora a legislação portuguesa tenha fixado o VMR preferencialmente, conforme os itens 1 e 4 do artigo 7º desta norma.

Equador

Segundo a legislação equatoriana referente à Norma da Qualidade Ambiental e de descarga de Efluentes: Recurso Água (Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso Água) [62], as águas são classificadas de acordo com o seu uso conforme a descrição seguinte:

- Consumo humano e uso doméstico.
- Preservação da Flora e da Fauna.
- Agrícola.
- Pecuária.
- Recreativo.
- Industrial.
- Transporte.
- Estético

As águas destinadas ao consumo humano e doméstico, segundo a legislação equatoriana, são assim classificadas:

I - Águas que unicamente requerem desinfecção e

II - Águas que unicamente requerem tratamento convencional

Nesta norma são estabelecidos limites máximos permitidos (LMP), semelhante à legislação brasileira que denomina este limite de valor máximo permitido (VMP).

Venezuela

A legislação venezuelana, referente ao Decreto nº 883 de 18/12/1995 [63], Normas para a classificação e o controle da qualidade dos corpos de água e descargas ou efluentes líquidos (Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos) classifica seus corpos d'água em 7 tipos. O primeiro deles, o Tipo 1 são as águas destinadas ao uso doméstico e ao uso industrial que requeira água potável sempre que esta forme parte de um produto ou subproduto destinado ao consumo humano ou que entre em contato com ele. Este grupo se divide em três sub-grupos:

Tipo 1A – águas que necessitam apenas de desinfecção;

Tipo 1B– águas que necessitam de tratamentos convencionais de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e cloração;

Tipo 1C– águas que necessitam de processos de tratamentos não convencionais.

As **Tabelas 3a** e **3b** apresentam os padrões de qualidade para as águas superficiais de Instituições Governamentais do Peru, Portugal e Equador em comparação com a Legislação Brasileira –CONAMA 357/05. No caso da Venezuela, para o tipo IC (não

consta na **Tabela 3a**) o único parâmetro legislado é o pH cuja faixa recomendada vai de 3,8 a 10,5.

Tabela 3a—Comparação entre os padrões de qualidade das águas doces estabelecidos por diversas instituições governamentais para as diferentes classes de água doce destinadas ao abastecimento público. Parâmetros físico-químicos

PARÂMETROS	CONAMA 357/05 BRASIL			NORMA DE QUALIDADE AMBIENTAL E DE DESTAL CARGA DE EFUENTES EQUADOR	DECRETO SUPREMO Nº 261-69-A PERU		DECRETO Nº 883/95 VENEZUELA			PORTUGAL			
	Classe1	Classe2	Classe3		I	II	IA	IB	IC	A1	A2	A3	
Condutividade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	1000	1000
Cor real	(a)	75	75	20	100			<50	150	-	20(d)	100(d)	200(d)
DBO ₅	3	5	10	2	2	5	5	-	-	-	3	5	7
DQO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30
Dureza	-	-	-	500	500	-	-	500	500	-	-	-	-
P total	0,1	**	**	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,7	0,7
Nitrato	10	10	10	10	10	10	10	(f)	(f)	-	50(d,e)	50(d,e)	50(d,e)
Nitrito	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-	-	(f)	(f)	-	-	-	-
Amônia	0,5	***	***	1,0	1,0	-	-	-	-	-	0,05	0,5	4
OD	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 85 (b)	≥ 85 (b)	≥ 3	≥3	>4,0	>4,0		≥ 70 (c)	≥ 50 (c)	≥ 30 (c)
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	-	-	6,0-8,5	6,0-8,5	3,8-10,5	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Sólidos totais	500	500	500	500	1000	-	-	1500	1500		25	-	-
Turbidez	40	100	100	10	100	-	-	<25	<250		-	-	-

(a) Nível de cor natural do corpo d'água; (b) No Equador o valor do OD (oxigênio dissolvido) pode ser expresso em percentual de saturação que deve ser ≥ 85 e não menor do que 6 mg/L O₂; (c) em Portugal o valor é expresso em percentual de saturação, conforme tabela 2a; (d) unidade em mg/L NO₃; (e) Os limites podem ser excedidos em caso de condições geográficas ou meteorológicas excepcionais; (f) neste país é estabelecido um valor máximo de 10 mg N/L para a soma das concentrações de nitrato e nitrito.

Unidades dos parâmetros: (OD) mg/L O₂, (CE) mS/cm, (Dureza) mg/L CaCO₃, (Cor real) mg Pt/L, (DBO) mg/L O₂, (DQO) mg/L O₂, (Fósforo) mg/LP-PO₄, (Nitrato)mg/L N-NO₃, (Nitrito)mg/L N-NO₂, (Amônia)mg/L N-NH₃, (sólidos totais dissolvidos- STD) mg/L, (Turbidez) UNT. (***) No Brasil a concentração de fósforo total deverá ser : ≤ 0,030 mg/L, em ambientes lóticos ou ≤ 0,050 mg/L, em ambientes lênticos. (***) A concentração de amônia é função do pH e deverá ser : 3,7mg/L N, para pH ≤7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

Tabela 3 b– Comparação entre os padrões de qualidade das águas doces estabelecidos por diversas instituições governamentais para as diferentes classes de água doce destinadas ao abastecimento público- Parâmetros metais e metalóides

PARÂMETROS	CONAMA 357/05 / BRASIL			EQUADOR		PERU		VENEZUELA (a)		PORTUGAL		
	Classe1	Classe2	Classe3	I	II	I	II	IA	IB	A1	A2	A3
Alumínio (mg/L)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	-	-	0,2	0,2	-	-	-
Antimônio (mg/L)	0,005	0,005	N.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio (mg/L)	0,01	0,01	0,033	0,05	0,05	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1
Bário (mg/L)	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	-	-	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0
Berílio (mg/L)	0,04	0,04	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Boro (mg/L)	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0
Cádmio total (mg/L)	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0	1,0	1,0
Chumbo total (mg/L)	0,01	0,01	0,033	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cobalto (mg/L)	0,05	0,05	0,2	0,2	0,2	-	-			-	-	-
Cobre total (mg/L)	0,009	0,009	0,013	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,02 (b)	0,05(b)	1,0(b)
Cromo total (mg/L)	0,05	0,05	0,05	0,05 (Cr ⁺⁶)	0,05 (Cr ⁺⁶)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ferro total (mg/L)	0,3	0,3	5,0	0,3	1,0	-	-	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0
Lítio (mg/L)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-
Manganês (mg/L)	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	-	-	0,1	0,1	0,05	0,1	1,0
Mercúrio (mg/L)	0,0002	0,0002	0,0002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,01	0,01	0,001	0,001	0,001
Níquel (mg/L)	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,002	0,002			-	-	-
Prata (mg/L)	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	-	-	0,05	0,05	-	-	-
Selênio (mg/L)	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Vanádio (mg/L)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total (mg/L)	0,18	0,18	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	5,0	5,0

(a) Não foi encontrado na norma da Venezuela nenhum dado para o tipo de água IC, sua qualidade é controlada apenas pela faixa de pH que deverá ser entre 3,8 a 10,5.; (b) Os limites podem ser excedidos em caso de condições geográficas ou meteorológicas excepcionais; N.L – Não legislado ; Os espaços vazios significam que não foram encontrados nas respectivas legislações dados relativos aos parâmetros em questão. Nome de algumas legislações internacionais: Equador- Norma de qualidade ambiental e de descarga de efluentes; Peru Decreto Supremo nº 261-69-A ; Venezuela - Decreto nº 883 de 11/10/1995; Portugal - Decreto lei nº 236/98.

3.5.1 - Padrão de potabilidade

A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera água potável aquela que apresenta aspecto límpido e transparente, isenta de gosto e cheiro objetável e que não contem nenhum tipo de microorganismo que possa causar doença ou qualquer outra substância com concentrações capazes de trazer prejuízos à saúde[59]. Segundo a Portaria 518/04, além disso a água potável deve ser produzida e distribuída de forma que não implique em risco à saúde humana .

Os valores limites para contaminantes diversos nos corpos hídricos assumem caráter de recomendação. Para aqueles contaminantes considerados potencialmente perigosos para a saúde são recomendados os Valores Guias (VG). A OMS define valor guia como o valor da concentração de um componente que não oferece um risco significativo para a saúde do consumidor se este beber a água durante toda sua vida . Segundo a OMS, os valores-guia para as substâncias químicas estão relacionados de acordo com a categoria de sua fonte de geração [64]:

- ocorrência natural;
- fontes industriais e assentamentos humanos;
- utilizados na agricultura;
- utilizados no tratamento da água ou devido a materiais que entram em contato com a água;
- utilizados na água em programas de saúde pública e
- toxinas de cianobactérias.

Para as substâncias potencialmente tóxicas e substâncias carcinogênicas não genotóxicas, o VG é estabelecido com base na estimativa da ingestão diária tolerável (IDT) que é quantidade estimada de uma substância presente na água potável que se pode ingerir diariamente, ao longo de toda a vida, sem risco considerável à saúde. Para as substâncias ou compostos carcinogênicos genotóxicos, o VG é determinado utilizando um modelo matemático, com base no qual se estima o risco adicional de câncer de 10^{-5} (um caso adicional de câncer por cada 100.000 pessoas que consomem água contendo uma substância em concentração equivalente ao VG, durante 70 anos). Assume-se que os valores guias devem ser ao mesmo tempo, práticos e aplicáveis, além de proporcionar a proteção da saúde pública. Desta forma, não são fixados VG que correspondam a con-

centrações inferiores aos limites detectáveis nas condições habituais de laboratório; além disso, eles só são recomendados quando se tem acesso às técnicas de controle (tratamento da água por exemplo) que permitam eliminar o contaminante ou reduzir sua concentração ao nível desejado [64]. A qualidade definida nos valores guia para a qualidade da água potável é a adequada para o consumo humano e para todos os usos domésticos habituais, incluindo a pessoal. Para finalidades especiais como diálise renal, sem dúvida alguma uma melhor qualidade é requerida. Quando o valor guia é ultrapassado, deve-se entender que é necessário:

- Investigar a causa visando tomar medidas corretivas;
- Solicitar a intervenção das autoridades responsáveis da saúde pública.

A denominação dos valores guias é diferente em cada país, conforme mostra a

Tabela 4:

Tabela 4 – Denominação do valor guia de diversas Instituições Governamentais

País	Denominação do Valor Guia
Argentina	Concentração máxima (só p/ contaminantes) (CM)
Brasil	Valor máximo permitido (VMP)
Chile	Limite máximo (concentração limite de substâncias nocivas (LM)
	Máximo aceitável / máximo tolerável (contaminantes químicos) (MA/MT)
	Limite máximo aceitável (contaminantes radioativos) (LMA)
Colômbia	Valor admissível (VA)
México	Limite permissível (LP)
Peru	Limite (L)
Estados Unidos	Nível máximo de contaminante (MCL)
	Nível máximo ideal de contaminante (MCLG)
	Nível máximo de desinfetante residual (MRDL)
	Nível máximo ideal de desinfetante residual (MRDLG)
Espanha	Valor Paramétrico (nível máximo ou mínimo fixado para cada um dos parâmetros a controlar)
Portugal	Valor máximo recomendado (VMR) - valor de norma de qualidade que não deverá ser ultrapassado
	Valor máximo admissível (VMA) - valor de norma de qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido.

Canadá	Valor máximo permitido – VMP (p/ substâncias que, reconhecida ou potencialmente, podem causar efeitos adversos à saúde) Valor máximo permitido provisório – VMPP (substâncias c/ Insuficiência de evidências toxicológicas)
--------	--

No Brasil, os padrões de Potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde através da Portaria nº 518 de 26 de março de 2004. Esses padrões, salvo raras exceções, são valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água. Na definição dos parâmetros a compor os padrões de potabilidade da água e de seus respectivos valores máximos permitidos (VMPs), são considerados os seguintes aspectos:

- O potencial tóxico das substâncias químicas que podem estar presentes na água (naturalmente ou decorrentes de atividades);
- A análise das evidências epidemiológicas dos riscos de saúde associados às diversas substâncias, tomando por base as informações da OMS e USEPA;
- As possibilidades analíticas de determinação das substâncias em amostras de água;
- A intensidade de uso das substâncias químicas no País (uso industrial, agrícola e no tratamento da água).

Nos EUA os padrões de Potabilidade, de abrangência nacional, são estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - United States Environmental Protection Agency - USEPA sendo dividido em duas categorias [65]:

- Padrão Primário (Norma primária para água potável - National Primary Drinking Water Regulation – NPDWR): padrão mandatório para sistemas públicos de abastecimento de água, na forma de valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos para contaminantes específicos, que podem causar efeitos adversos à saúde e que, reconhecida ou potencialmente, podem estar presentes na água.
- Padrão Secundário (Norma secundária para água potável - National Secondary Drinking Water Regulation – NSDWR): recomendações, não mandatórias, relativas a substâncias que podem provocar efeitos de natureza estética (ex.: cor, sabor e odor) ou cosmética (ex.: efeitos na pele ou dentários).

O estabelecimento de um padrão para um determinado contaminante obedece a um processo que leva em consideração os seguintes aspectos:

- Ocorrência no ambiente
- Fatores de exposição e de riscos à saúde da população em geral e de grupos vulneráveis
- Disponibilidade de métodos analíticos de detecção
- Factibilidade técnica de atendimento
- Impactos econômicos e de saúde pública da regulamentação

No Canadá, os estabelecimentos dos padrões de potabilidade são de responsabilidade da Direção de Saúde Ambiental do Saúde Canadá - Environmental Health Directorate of Health Canadá e também obedece a um processo, baseado no conceito de gerenciamento de riscos, incluindo as seguintes etapas [66]:

- Identificação de riscos;
- Análise de riscos;
- Avaliação;
- Aprovação;
- Divulgação e
- Publicação.

Na Argentina a legislação nacional está incluída no Código Alimentar Argentino (Código Alimentario Argentino), prescrevendo apenas parâmetros de potabilidade. Nesse país cada província possui suas próprias normas, e, além disso, existem normas incluídas em contratos de concessão de serviços, que não necessariamente coincidem com as normas da província [67].

No Chile a legislação para a qualidade da água para consumo humano, de caráter nacional, do Instituto de Normalización, NCh 409/1.Of2005 (que substitui a NCh 409/1.Of84) [68], é dividida em 2 partes. A primeira, NCh 409/1, estabelece os requisitos físicos, químicos, radioativos e bacteriológicos que deve cumprir a água potável proveniente de qualquer sistema de abastecimento. A segunda parte é a NCh 409/2 que estabelece os requisitos de amostragem.

A exigência mais comum das legislações de controle de qualidade da água, segundo alguns autores [69] é a especificação de planos de amostragem, seguida das exigências de práticas operacionais de tratamento e distribuição de água, embora a aborda-

gem de cada tópico pelas legislações seja extremamente variada, em termos de amplitude de exigências. Além disto, entre os países latino-americanos apresentados, apenas o Brasil aborda todos os tópicos em uma única legislação de potabilidade da água que são:

- Planos de amostragem;
- Práticas operacionais de tratamento de água;
- Práticas operacionais de distribuição de água;
- Prestação de informações aos órgãos de vigilância e
- Prestação de Informações ao público

A **Tabela 5** apresenta as Instituições e Legislações de Potabilidade da água de algumas Instituições Governamentais. Com exceção de Portugal e Colômbia, todos os demais países fizeram revisão recente de suas legislações, sendo que no Canadá a última revisão foi em 2008.

Tabela 5. Legislação para Água Potável e sua respectiva vigência de algumas Instituições Governamentais

País	Legislação	Data da atualização	Instituição responsável pela legislação	Referência
Argentina	Codigo Alimentario Argentino (cap. XII)	2007	Ministério da Saúde	[67]
Brasil	Portaria 518	2004	Ministério da Saúde do Brasil	[50]
Canadá	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality.	2008	Health Canada. Elaborado pelo Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water	[65]
Chile	Nch 409/1	2005	INN: Instituto Nacional de Normalização	[68]
Colômbia	Decreto 475 de 1998	1998	Ministério da Proteção Social/ Ministério de Ambiente / Superintendência de Serviços Públicos.	[70]
Espanha	Real Decreto 140	2003	Ministerio de Sanidad y Consumo.	[71]
EUA	National Primary Drinking Water Standards	2003	United States Environmental Protection Agency – USEPA	[66]
Peru	Decreto Ley N° 17752- modificado pelo Decreto Supremo N° 003-2003-AS	2003	Ministerio de Salud	[60]
Portugal	Decreto-Lei n.o 236	1998	Ministério do Ambiente	[61]

A **Tabela 6-a** apresenta os padrões de potabilidade de algumas Instituições Governamentais referentes às substâncias químicas inorgânicas que representam riscos à saúde. Observa-se nesta **Tabela** que os VMPs para o nitrito são, para algumas instituições (OMS, Argentina e Espanha), bem menores do que aquele estabelecido pela Portaria 518/04, embora muitos países a exemplo do Peru, Venezuela e Portugal não estabeleçam nenhum VMP para este parâmetro na água bruta destinada ao abastecimento público. Enquanto no Brasil o VMP é de 1,0 mg N/L (equivalente a 3,2 mg NO_2^-/L), em Portugal por exemplo, esse valor é 0,5 mg NO_2^- equivalente a 0,31 mg N/L. A OMS estabelece o VMP de 0,2 mg NO_2^-/L , para as águas doces da classe 2. Valores igualmente baixos e inferiores ao da Portaria 518/04 são estabelecidos para nitrito pelas legislações da Espanha e da Argentina. Para o nitrato, esse controle entretanto é muito intenso em diversos países, tendo inclusive normas exclusivas para esse parâmetro como é o caso da França, Portugal e outros. Geralmente a poluição por nitrato nestes países está associada ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura.

A **Tabela 6-b** apresenta os padrões de potabilidade de diversas Instituições Governamentais referentes aos padrões de aceitação para consumo humano. O padrão de aceitação para consumo humano no Brasil é estabelecido com base em critérios estéticos e organolépticos e este deverá estar em conformidade com a **Tabela 6-b**. Algumas das substâncias listadas nesta tabela também representam riscos à saúde, porém em concentrações acima daquelas suficientes para provocar rejeição ao consumo [12].

O controle da qualidade da água, baseado única e exclusivamente em análises laboratoriais ainda que freqüentes, não constitui garantia absoluta da potabilidade. Tão importantes quanto o controle laboratorial são: a) adoção de boas práticas em todas as partes constituintes e nas etapas do abastecimento de água e b) vigilância epidemiológica e a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade no abastecimento de água [7].

Tabela 6-a. Comparação entre os Padrões de Potabilidade de algumas Instituições Governamentais - Substâncias Químicas Inorgânicas que representam riscos à saúde

PARÂMETRO (mg/L)	BRASIL	OMS	CANADÁ	EUA	ARGENTINA	CHILE	MÉXICO	ESPANHA	PORTUGAL
Antimônio	0,005	0,02	0,006	0,006	-	-	-	0,005	0,005
Arsênio	0,01	0,01(p)	0,010	0,05	0,05	0,01	0,025	0,01	0,05
Bário	0,7	0,7	1,0	2,0	-	-	0,7	-	0,1
Berílio	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-
Boro	-	0,5	5,0	-	-	-	-	1,0	1,0
Cádmio	0,005	0,003	0,005	0,005	0,005	0,01	0,005	0,005	0,005
Chumbo	0,01	0,01	0,01	0,015	0,05	0,05	0,01	0,025	0,05
Cianeto	0,07	0,07	0,2	0,1	0,07	0,05	0,07	-	-
Cobre	2,0	2,0	≤1,0	1,3	1,0	2,0	2,0	2,0	0,001
Cromo	0,05	0,05(p)	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fluoreto	0,6 – 0,8	1,5	1,5	4,0	0,6 - 1,7	1,5	1,5	1,5	0,7 – 1,5
Mercúrio	0,001	0,006(d)	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Molibidênio	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-
Níquel	-	0,07	-	-	-	-	-	0,02	0,05
Nitrato (NO ₃ ⁻ – N)	10	50 (a)	45(a)	10	45(a)	50(a)	10	50(a)	50(a)
Nitrito (NO ₂ ⁻ – N)	1,0	0,2 (b, c)	3,2(b)	1,0	0,1(b)	3,0(b)	1,0	0,1(b)	0,5(b)
Prata	-	-	-	-	0,005	-	-	-	0,01
Selênio	0,01	0,01	0,01	0,05	-	0,01	-	0,01	0,01
Tálio	-	-	-	0,002	-	-	-	-	-
Úrânio	-	0,015	0,02	-	-	-	-	-	-

(a) mg/L NO₃⁻; (b) mg/L NO₂⁻; (c) valor de 3,0 mg/L NO₂ para curto tempo de exposição; d – mercúrio inorgânico; p- provisório; Os espaços vazios significam que não foram encontrados nas respectivas legislações dados relativos aos parâmetros em questão.

Tabela 6-b. Comparação entre os Padrões de Potabilidade de diversas Instituições Governamentais - Padrões de Aceitação para Consumo Humano

PARÂMETRO	BRASIL (VMP)	OMS	CANADÁ	ESTADOS UNIDOS	ARGENTINA	CHILE	MÉXICO	ESPANHA	PORTUGAL (VMA)
Alumínio(mg/L Al)	0,2	0,2	0,1-0,2 (a)	0,05-0,2 (a)	0,2	-	0,2	0,2	0,2
Amônia (mg/L NH ₃)	1,5	-	-	-	0,28 (b)	0,25	1,5(c)	0,5	-
Cloreto (mg/L Cl)	250	250	250	250	350	250	-	250	250
Cor aparente (mg PT/L)	15	15	≤15	15	5	20	20	15	20
Dureza (mg/L CaCO ₃)	500	500	-	-	400	-	500		500
Ferro (mg/L Fe)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	-
Manganês (mg/L Mn)	0,1	0,4	0,05	0,05	0,1	0,10	0,15	0,05	-
Odor	Não Objetável	Não Objetável	Inofensivo	-	S.O.E	-	-	-	-
Gosto	Não Objetável	Não Objetável	Inofensivo	-	-	-	-	-	-
pH	6 - 9,5	6,5 – 9,2	6,5 - 8,5		6,5 – 8,5	6,5 - 8,5		6 – 9,5	6,5 – 8,5
Sódio (mg/L Na)	200	-	200	-	-	-	-	200	-
S.T.D (mg/L STD)	1.000	1000	500	500	1500	1500	1000	-	1500
Sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻)	250	500	500	-	-	-	-	-	-
Turbidez (NTU)	5	5	1	5,0	3	5	5	1	4
Zinco (mg/L)	5	3	≤5,0	5	5	3,0	5		

(a) No Canadá e nos Estados Unidos os valores de 0,1mg/L Al e de 0,05 mg/L Al são recomendados para as respectivas plantas de tratamento convencional e menor do que 0,2mg/L Al para outros tipos de sistemas de tratamento ; (b) mg/L NH₄⁺ ; (c) mg/L NH₃ ; S.T.D. – Sólidos Totais dissolvidos; S.O.E – Sem odores estranhos; Os espaços vazios significam que não foram encontrados nas respectivas legislações dados relativos aos parâmetros em questão.

Analisando a **Tabela 6-a**, observa-se que os valores máximos permitidos de arsênio é maior para os países Estados Unidos, Argentina, Portugal e México, sendo este último, o mais restritivo dos três. Nesse parâmetro o Brasil, Canadá, Chile e Espanha estão de acordo com o que recomenda a OMS que estabelece o valor de 0,01 mg As/L.

O valor máximo permitido de chumbo de 0,01 mg/L recomendado pela OMS, é cinco vezes maior na Argentina, Peru, Chile e México. Segundo MELLA [72], a explicação para estes valores é o fato de que nesses países o sistema de canalização é na sua maioria, constituído por chumbo e não foi ainda substituído por PVC, como nos países mais desenvolvidos. No seu trabalho, apesar de ter sido publicado em 2008, o autor inclui o Brasil, considerando-o com um VMP para o chumbo de 0,05 mg/L, quando na verdade este valor é 0,01mg/L, igual ao recomendado pela OMS. A Legislação brasileira é a que mais se assemelha com a da OMS com relação aos valores guia dos parâmetros estudados.

Pelos valores dos parâmetros apresentados nas **Tabelas 6-a e 6-b** observa-se que a legislação brasileira, Resolução CONAMA 357/05 é mais restritiva do que a de alguns países como Equador, Venezuela, Peru e Portugal, com relação a diversos parâmetros estudados. Com relação ao parâmetro mercúrio por exemplo, cujo valor do CONAMA é de 0,2 µg/L, chega a ser cerca de 50 vezes maior na legislação venezuelana que é de 10 µg/L. Com relação ao chumbo, em todas as legislações das instituições governamentais supracitadas (Equador, Venezuela, Peru e Portugal) o limite é cinco vezes maior do que na Resolução CONAMA 357/05 para as águas doces da classe 2. No Brasil o VMP é de 10 µg/L, enquanto nos demais países é de 50 µg/L.

3.6 – Bacias Hidrográficas

Do ponto de vista geográfico, entende-se por bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, o conjunto de superfícies que através de canais tributários drenam água de chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal cuja vazão converge numa única saída (foz do canal principal, outro rio, lago ou mar) [72].

Para LIMA [36] uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários. Ainda segundo o autor, qualquer ponto da superfície faz parte de uma bacia hidrográfica. Desde os menores vales até as grandes bacias do mundo, sempre existe uma discreta área de terreno que capta a água da chuva, perde água por evaporação, e produz o restante como deflúvio ou escoamento superficial.

BALDISSERA [74] define a bacia hidrográfica como uma área topográfica, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água de forma que toda vazão efluente seja descarregada através de uma única saída. O limite superior de uma bacia hidrográfica é o divisor de águas ou divisor topográfico, e o limite inferior é a saída da bacia ou confluência.

Segundo GUZZO [9], a Bacia Hidrográfica é um sistema complexo cuja estabilidade depende do fluxo de nutrientes entre os seres vivos e o meio ambiente e da interação com as variações climáticas.

De acordo com ESTEVES [41], o ambiente aquático apresenta características que lhe conferem peculiaridades como:

- A alta capacidade para solubilização de compostos orgânicos e inorgânicos possibilitando aos organismos autotróficos (autótrofos) a absorção de nutrientes;
- Gradientes verticais e horizontais com distribuição desigual de luz, nutrientes, temperatura, oxigênio dissolvido e gás carbônico, trazendo conseqüências na distribuição dos organismos;
- Baixo teor de sais dissolvidos, fazendo com que os organismos se adaptem para que seja mantido o equilíbrio osmótico entre o meio e seus líquidos internos;
- Altas densidade e viscosidade fazendo com que os organismos sofram adaptações morfológicas e físicas para redução de resistência do meio à sua locomoção.

De acordo com TOMAZELLI [54], a qualidade de uma bacia hidrográfica está intimamente ligada à preservação e manutenção da biodiversidade do seu entorno, esta é gerada e preservada pelas interações entre o ambiente físico, processos biogeoquímicos e ações antrópicas.

ESTEVES [41] estabelece o metabolismo dos ecossistemas aquáticos (estudo da sua estrutura e funcionamento), como sendo o principal objetivo das pesquisas limnológicas que é o estudo ecológico das massas d'água continentais, compreendendo três etapas:

- **Produção** – é aquela utilizada pelos organismos que sintetizam a matéria orgânica do CO₂, sais minerais e energia solar;

- **Consumo** – é a energia obtida por organismos a partir da matéria orgânica sintetizada pelos produtores primários;
- **Decomposição** – é a redução da matéria orgânica, realizada por bactérias e fungos, até a mineralização total com a formação de H₂O e CO₂.

Tabela 7 apresenta a classificação das bacias hidrográficas brasileiras, baseada na avaliação da qualidade da água, de acordo com seus usos preponderantes. Observa-se que os níveis aceitáveis de poluição vão até a classificação moderadamente comprometida, onde os corpos de água apresentam condições de qualidade de água compatíveis com os limites para a classe 3 das águas doces e a classe 2 das águas salinas e salobras.

Tabela 7- Classificação da qualidade das Bacias Hidrográficas

CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Não comprometida	Enquadram-se nesta categoria, os corpos de água que apresentam condições de qualidade compatíveis com os limites estabelecidos para a classe especial das águas doces, salinas e salobras e classe 1 das águas doces (Resolução CONAMA n° 357/05). Estes corpos d'água apresentam qualidade ótima, com níveis desprezíveis de poluição.
Pouco comprometida	Enquadram-se nesta categoria, os corpos de água que apresentam condições de qualidade compatíveis com os limites estabelecidos para a classe 2 das águas doces e a classe 1 das águas salinas e salobras (Resolução CONAMA n° 357/05). Estes corpos d'água apresentam qualidade boa, com níveis baixos de poluição.
Moderadamente comprometida	Enquadram-se nesta categoria, os corpos de água que apresentam condições de qualidade compatíveis com os limites para a classe 3 das águas doces e a classe 2 das águas salinas e salobras (Resolução CONAMA n° 357/05). Estes corpos d'água apresentam qualidade regular, com níveis aceitáveis de poluição.
Poluída	Enquadram-se nesta categoria, os corpos de água que apresentam condições de qualidade compatíveis com os limites estabelecidos para a classe 4 das águas doces e a classe 3 das águas salinas e salobras (Resolução CONAMA n° 357/05). Estes corpos d'água apresentam qualidade ruim, com poluição acima dos limites aceitáveis.
Muito poluída	Enquadram-se nesta categoria, os corpos de água que não se enquadram em nenhuma das classes acima estabelecidas. Estes corpos d'água apresentam qualidade péssima, com poluição muito elevada.

Fonte: CPRH / Pernambuco – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/2000

A organização ambientalista *A Conservação da Natureza* (The Nature Conservancy, TNC), fundada em Washington em 1951, lançou em 2005 um programa para a conservação de grandes rios do mundo, através do programa denominado “Aliança dos Grandes Rios”. O Programa, que envolve os países Brasil, China e Estados Unidos, três grandes potências hídricas de água doce, visa recuperar e conservar três grandes bacias hidrográficas: a do Rio Alto Mississipi, nos Estados Unidos; a dos Rios Alto Paraná e Paraguai, no Brasil; e a do Rio Alto Yang Tsé, na China. Trata-se de um programa para orientar as estratégias de conservação desses grandes rios e transformar a maneira como se protege os suprimentos de água em bacias hidrográficas importantes. No seu conjunto, as três bacias fornecem água doce para aproximadamente 600 milhões de pessoas nos três Continentes [75].

Apesar de iniciativas como esta, diversos rios do mundo (mais de 50%) já estão poluídos ou em vias de serem exauridos devido ao desperdício e à má-gestão dos recursos hídricos nas bacias fluviais. Entre os rios que correm mais perigo estão o Amarillo, na China, o Colorado, nos Estados Unidos, o Nilo, no Egito e o Volga, na Rússia. O Rio Citarum, na Indonésia (**Figura 1**), devido ao recebimento de efluentes de mais de 500 indústrias (produtos químicos tóxicos) e esgotos domésticos sem nenhum tipo de tratamento, é considerado o rio mais poluído do Mundo [76]. Apesar da grande poluição, suas águas são utilizadas para os diversos fins, inclusive para beber.



Figura 1 - Rio Citarum (Walungan Citarum, em sudanês)

No Brasil, um levantamento feito pela ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento, Recuperação e Disposição de Resíduos Especiais, em 2002, mostrou que dos 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos gerados anualmente, apenas 28% que corresponde a 850 mil toneladas recebem tratamento adequado. Os 72% restantes são depositados indevidamente em lixões ou descartados em cursos d'água sem sofrer nenhum tipo de tratamento [2].

Segundo o relatório da Organização Não Governamental Defensoria da Água “O Estado Real das Águas no Brasil” 2003-2004, a contaminação das águas no Brasil aumentou cinco vezes mais nos últimos dez anos, e aponta 20 mil áreas contaminadas no país. O mesmo relatório prevê escassez de água nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte uma vez que já se encontram dentro das áreas consideradas contaminadas. Na região sul, a contaminação é crescente devido ao crescimento industrial, enquanto no Nordeste, a escassez da água também está intrinsecamente ligada à contaminação, uma vez que a qualidade da água consumida pela população continua não apresentando segurança na saúde [77].

É fundamental para a proteção dos mananciais ter o adequado conhecimento da bacia hidrográfica a montante da captação de água, incluindo fatores físicos, bióticos e socioeconômicos; aspectos relacionados à geologia, ao relevo, ao solo, à vegetação, à fauna e às atividades humanas aí desenvolvidas. Para tanto, é essencial que se realizem periodicamente diagnósticos de uso e ocupação do solo e inspeções sanitárias nas bacias contribuintes aos mananciais [6].

De acordo com GUIMARÃES [78], a situação das águas brasileiras, embora ainda confortáveis, alcança níveis críticos quanto à manutenção de alguns ecossistemas. Os rios próximos às cidades estão contaminados por resíduos industriais e domésticos, enquanto as atividades de agropecuária e mineração com mercúrio trazem conseqüências diretas e indiretas ao meio ambiente e suas populações.

Para PEDRÃO [79], ao se comparar com outros países, inclusive com a maioria daqueles latino-americanos que lhe são limítrofes, o Brasil representa uma experiência historicamente sem paralelo em matéria de recursos hídricos, com um horizonte de perspectivas que devem ser revistas, dada a velocidade com que os recursos hídricos têm sido explorados.

O controle da poluição da água é necessário para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização. Assim o manejo adequado dos ecossistemas hídricos é uma das prioridades na gestão dos ecossistemas e controle ambiental, por ser a água um fator

de importância primária para o desenvolvimento de atividades produtivas e para a qualidade de vida de um povo [80].

Para MENDES [1], um elemento fundamental para a avaliação dos recursos hídricos do ponto de vista qualitativo, é o conhecimento das cargas poluentes que são geradas nas bacias hidrográficas, que traduzem as pressões que se exercem sobre as massas de água em resultado das diferentes atividades socioeconômicas que existem no território.

Outro aspecto importante é o acompanhamento da tendência da evolução da qualidade da água ao longo do tempo possibilitando a identificação de medidas preventivas bem como a eficiência de algumas medidas adotadas.

Considerando a bacia hidrográfica, existe a necessidade de se estabelecerem metodologias que permitam o monitoramento sistemático da qualidade da água para a posterior caracterização do seu estado, através de uma análise correta dos dados recolhidos, para que as atuais e futuras pressões possam ser identificadas e compreendidas [81].

3.6.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Joanes

O estado da Bahia está dividido em 13 bacias principais, que são: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco; Bacia Hidrográfica do Rio Vaza Barris; Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru; Bacia Hidrográfica do Rio Real; Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu; Bacia Hidrográfica do Rio Inhambupe; Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte; Bacias Hidrográficas do Recôncavo Sul; Bacia Hidrográfica do Rio de Contas; Bacia Hidrográfica do Rio Pardo; Bacia Hidrográfica do Leste; Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha; Bacias Hidrográficas do Extremo.

As Bacias Hidrográficas do Recôncavo Norte englobam as sub-bacias: dos Rios Joanes e Ipitanga; do Rio Jacuípe; do Rio Subaé; do Rio São Paulo; do Rio Imbassaí; do Rio Pojuca; do Rio Sauípe e do Rio Subaúma.

As agressões ambientais como despejo de esgotos domésticos e resíduos industriais; aterramento de nascentes; extração predatória de areia, arenoso e argila; destruição das matas ciliares; ocupação desordenada do solo, entre outras, são ações sofridas corriqueiramente pelos rios pertencentes a essas bacias.

A Bacia Hidrográfica do Rio Joanes está localizada nos setores N e NE da porção central da Região Metropolitana de Salvador (RMS) entre as coordenadas geográficas 12° 30' e 12° 55', latitude Sul e 38° 07' 3" a 38° 39' 25,5" longitude Oeste. Limita-se a norte e leste

com a Bacia Hidrográfica do Rio Jacuípe, ao sul e sudoeste com as bacias hidrográficas da área urbana da cidade de Salvador e a sudeste com o Oceano Atlântico[82].

As principais nascentes do Rio Joanes encontram-se situadas no município de São Francisco do Conde nos seguintes pontos: fazenda Campinas, a 2,5 km da sede municipal de São Francisco do Conde, nas imediações da Fazenda Ma rapé, limite entre São Francisco do Conde e Candeias; na fazenda Gurgainho e na fazenda Cinco Rios, situadas em São Francisco do Conde [83]. No trecho próximo aos pontos de nascente encontram-se atividades de exploração petrolífera: gás e óleo bruto pela Petrobrás, além de atividades de criação de gado bovino e bubalinos.

O Rio Joanes deságua no Oceano Atlântico, na praia de Buraquinho, na divisa entre os municípios de Lauro de Freitas e Camaçari, possuindo, no estuário, uma extensão de aproximadamente seis quilômetros.

O clima é tropical úmido, com índice pluviométrico superior a 1.800mm/ano e a umidade relativa do ar em torno de 80%. A direção predominante dos ventos é para o quadrante leste (E), com variações para sudeste (SE) e nordeste (NE). O período chuvoso corresponde às estações do outono e do inverno[82].

Os municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Joanes são: Lauro de Freitas, Camaçari, Simões Filho, São Sebastião do Passé, São Francisco do Conde, Candeias, Salvador e Dias D'Ávila (**Figura 2**). Os municípios de Camaçari, Lauro de Freitas e Simões Filho têm suas sedes dentro dos limites da bacia.

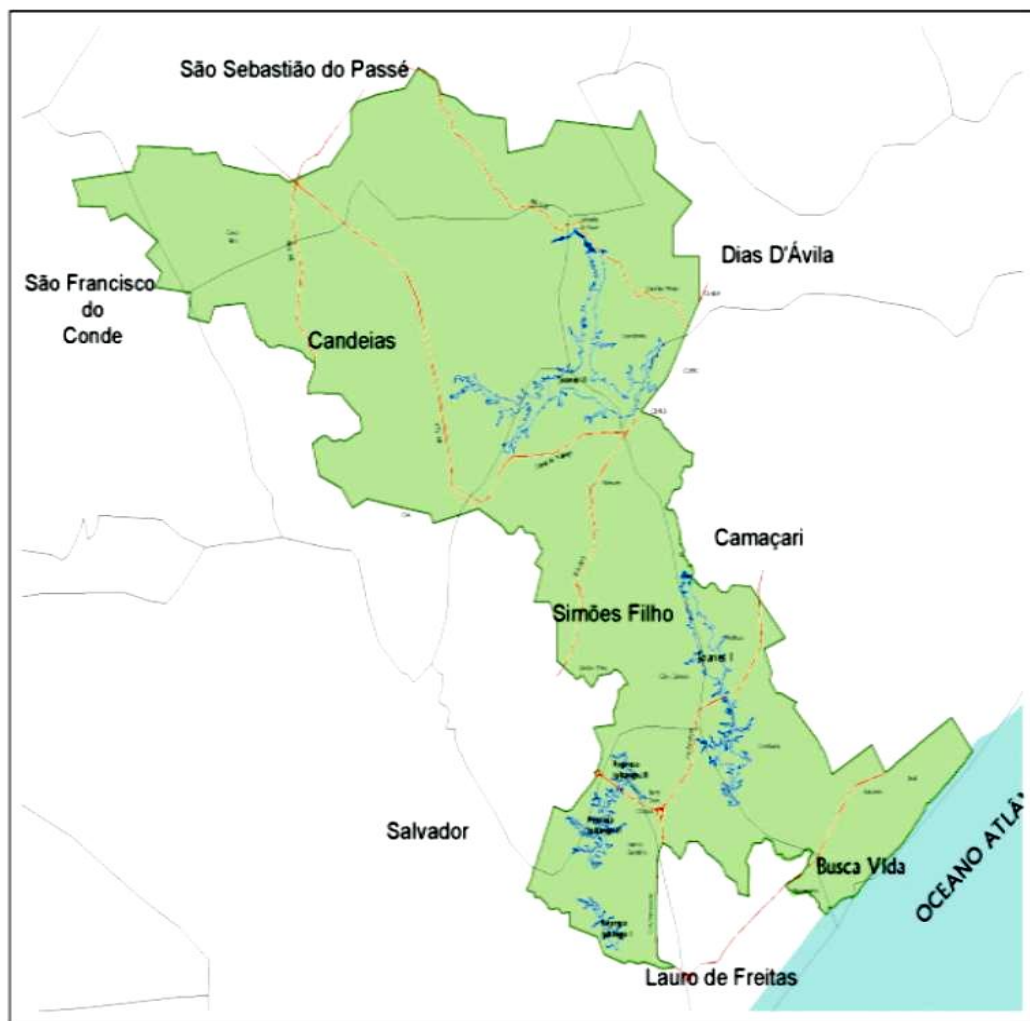


Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio Joanes

Fonte – CRA (2000)

O Rio Joanes drena uma área de aproximadamente 1.200 km², seus cursos d'água têm uma extensão total de cerca de 250 km, possui uma vazão média da ordem de 11 m³/s e a vazão regularizada atinge 6,4 m³/s [83].

Na **Tabela 8** estão apresentados os afluentes do Rio Joanes, tanto da margem esquerda como da margem direita. Dentre os principais afluentes formadores da bacia destacam-se os Rios Jacarecanga e Ipitanga Além desses, a bacia recebe outras contribuições que também têm importância tanto no regime hidráulico quanto na qualidade das águas do Rio Joanes, oriundas de arroios afluentes de menor porte.

O Rio Ipitanga, principal afluente do Rio Joanes, é utilizado para abastecimento público dos Municípios de Salvador, Simões Filho e indústrias do CIA Sul, através dos barramentos: Ipitanga I, II e III.

Tabela 8 - Afluentes do Rio Joanes

À Direita	A Esquerda
Ipitanga	Rio Uberaba
Rio São Francisco	Rio Lamarão
Rio Boneçu	Rio Sucuricanga
Rio Petecada	Rio Camaçari ou Bandeira
Rio Jacarecanga	Rio Piaçabeira
Rio Muriqueira	Riacho Parafuso
Rio Itamboatá	Córrego Cantagalo
Rio Jaíba	

O Rio Joanes e seus afluentes foram enquadrados como classe 2 e classe 7, segundo a Resolução do Conselho Estadual de Proteção Ambiental - CEPRAM nº 1.101/95 [84], de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução vigente, atualmente CONAMA 357/05. O Rio Joanes e seus afluentes pertencem à classe 2 (águas doces) desde a nascente até o Condomínio do Rio das Pedras. A partir deste trecho até a sua foz (zona estuarina) pertencem à classe 1 das águas salobras. O Rio Ipitanga e seus afluentes pertencem à classe 2 até a confluência com o Rio Joanes.

A bacia hidrográfica do rio Joanes (BHRJ) possui cinco barragens (**Tabela 9**): (1) Ipitanga I, construída em 1936, para regularizar as águas do Rio Ipitanga e posteriormente para complementar a produção de água potável de Salvador e Lauro de Freitas; (2) Joanes I, em 1955, destinada ao abastecimento de Salvador e Lauro de Freitas; (3) Joanes II, em 1971 para o abastecimento do Pólo Petroquímico; (4) Ipitanga II, no mesmo ano para fornecer água bruta e/ou tratada para as indústrias do Centro Industrial de Aratu - CIA e (5) Ipitanga III para acumulação e transposição do Rio Joanes no período de estiagem que as reverte para Ipitanga I e II.

Tabela 9 – Características das Barragens da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes

Barragens	Ipitanga I	Ipitanga II	Ipitanga III	Joanes I	Joanes II
Ano de conclusão	1936	1971	1972	1955	1971
Área de drenagem (Km ²)	50,2	31,1	8,6	578,4	376,5
Área da bacia hidráulica (Km ²)	1,1	2,2	0,8	6,96	13,0
Volume útil (m ³ x 10 ⁶)	3,9	4,6	4,4	15,0	86,4
Demanda (m ³)	0,78	01	0	3,3	1,4

Adaptado de OLIVEIRA, 1999 [82]

A **Figura 3** mostra as imagens recentes das barragens do Joanes I, Joanes II, Ipitanga I e Ipitanga II.



a) Joanes I



b) Joanes II



c) Ipitanga I



d) Ipitanga II

Figura 3 – Barragens dos Rios Joanes e Ipitanga

É ainda um grande desafio a descoberta de soluções seguras que garantam a produção de água potável a partir de mananciais de superfície uma vez que vários compostos naturais industrialmente produzidos e, até mesmo gerados durante o próprio tratamento da água, podem vir a manifestar-se em concentrações potencialmente perigosas para a saúde [1].

O número de parâmetros no controle da qualidade das águas de consumo tem aumentado cada vez mais devido ao rápido crescimento da população, urbanização, industrialização e intensificação da produção agrícola em paralelo ao uso de defensivos agrícolas.

Os constituintes em solução são classificados de acordo com a abundância relativa em: maiores, quando os teores são superiores a 5 mg/L; menores, quando as concentrações ficam entre 5 e 0,01 mg/L; e traços ou micro poluentes, quando os teores são inferiores a 0,01 mg/L. O aprimoramento das técnicas analíticas fez com que o número regular de micro contaminantes, identificados e quantificados na água, evoluísse significativamente durante as duas últimas décadas. Nesse contexto cresce a importância dos parâmetros denominados de micro poluentes orgânicos e metais tóxicos. Esses elementos ou compostos podem causar efeitos danosos à saúde em teores muito baixos, da ordem de microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$) e até nanogramas por litro (ng/L). Os efeitos adversos dos micro poluentes podem resultar de condições agudas (curto tempo de exposição a doses elevadas) ou crônicas (longo tempo de exposição a doses muito baixas); podem ser tóxicos (afetando seriamente funções biológicas ou provocando a morte); carcinogênicos (induzindo o crescimento descontrolado de células, vindo a provocar tumores malignos); mutagênicos (causando alterações hereditárias do material genético das células); teratogênicos (causando deformações congênitas não hereditárias) [1].

Segundo alguns autores[1], as medidas de controle a serem estabelecidas para a proteção dos mananciais de abastecimento devem ter em conta a caracterização de riscos e na bacia hidrográfica podem incluir, entre outros, os elementos abaixo:

- Proibições e limitações aos usos do solo;
- Registro de produtos químicos utilizados na bacia hidrográfica;
- Especificações de proteção especial para indústrias químicas;
- Mistura / desestratificação de represas para reduzir o crescimento de cianobactérias ou para reduzir a zona anóxica do hipolímio e a solubilização de ferro e manganês dos sedimentos;

- Controle das atividades humanas dentro das fronteiras da bacia hidrográfica;
- Controle das descargas de águas residuais;
- Aplicação de normas regulamentares ambientais para o licenciamento de atividades poluentes;
- Fiscalização regular na bacia hidrográfica;
- Proteção de nascentes;
- Intercepção de escoamentos superficiais e
- Prevenção de atividades poluidoras clandestinas.

O índice de ocupação urbana nas margens das bacias hidráulicas Joanes principalmente I e II têm aumentado rapidamente e os estágios sucessórios de vegetação encontram-se seriamente comprometidos pelas inúmeras agressões que vêm sofrendo pelo surgimento de invasões, loteamentos legalizados ou clandestinos, sítios, granjas, chácaras, etc [85].



Figura 4 – Assentamento em área de preservação ambiental

A **Figura 4** apresenta um caso de assentamento em área de preservação ambiental, contrariando o Código Florestal [18]. Segundo este Código, em seu artigo 2º, as florestas e demais formas de vegetação natural serão consideradas de preservação permanentes quando situadas: (a) ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde o seu nível mais alto em faixa marginal (largura mínima de: 30 m cursos de água de até 10m; 50m para os cursos de

água de até 10 a 50m; e 100m para os cursos de água de até 50 a 200m); (b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios naturais ou artificiais (barragens) e (c) nas nascentes ainda que intermitentes e nos chamados olhos de água qualquer que seja a sua situação topográfica, num mínimo de 50 metros em volta das mesmas.

O monitoramento dos mananciais do Joanes deve ser realizado de forma rotineira e o controle da qualidade das águas de distribuição deve ser feito a partir do manancial de suprimento do Sistema de Abastecimento de Água, uma vez que na Bacia Hidrográfica do Rio Joanes desenvolvem-se atividades urbanas, industriais e agrícolas que geram impurezas sólidas, líquidas e gasosas cujo veículo natural de escoamento é a água que drena das vertentes da bacia para os reservatórios que terão suas características físicas, químicas e biológicas substancialmente modificadas [85].

Segundo os resultados divulgados pelo INGA (Instituto de Gestão de Águas e Clima) em janeiro de 2009, referente ao Programa Monitora, inserido no Programa Água para Todos, na Bacia dos Rios Joanes – Ipitanga, a maioria dos pontos apresentaram IQA com qualidade regular, ruim e péssima. Foi observado nesta bacia, um aporte significativo de nutrientes (fósforo, nitrogênio e matéria orgânica - COT e DQO) e de coliformes termotolerantes. Observou-se ainda os impactos da carga orgânica proveniente da contribuição do esgoto das cidades de Lauro de Freitas, Simões Filho, Camaçari, Feira de Santana, Terra Nova e Santo Amaro da Purificação, que refletiram nas altas concentrações de coliformes termotolerantes nas águas da RPGA (Regiões de planejamento de gestão das águas) do Recôncavo Norte e Inhambupe. Os resultados analíticos das amostras coletadas na RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe permitiram avaliar a qualidade das águas com base na análise dos resultados dos parâmetros físico-químicos, nutrientes, biológicos, orgânicos e metais [86]. Dentro do Programa “Água para Todos” estão sendo realizadas obras para a ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Camaçari que contribuirá para a despoluição do rio Joanes. Outros municípios tais como Dias D’Ávila, São Francisco do Conde, Lauro de Freitas, Simões Filho e Candeias terão também ampliação dos seus sistemas de esgotamento sanitário através do referido programa [87].

Um programa informatizado de gestão ambiental georreferenciado, com o apoio de imagens de satélites que reunirá informações sobre os parâmetros de qualidade da água, fontes de poluição, ocupações e atividades econômicas na Área de Preservação Permanente - APP (Sistema de Gestão Ambiental de Mananciais – SIGAM) será desenvolvido pela EMBASA em parceria com a Fundação Politécnica da UFBA. O primeiro manancial a ser

monitorado pelo programa denominado Sistema de Gestão Ambiental de Mananciais – Sigam, será a Barragem do Joanes I, situada entre os municípios de Camaçari e Simões Filho cujo sistema associado ao Rio Ipitanga é responsável por 40% do abastecimento de Salvador. O programa, primeiramente aplicado na Barragem do Joanes I, será estendido a todos os mananciais da EMBASA possibilitando assim uma gestão mais efetiva dos mananciais, pois terá um histórico com atualizações constantes relativas a qualquer fator monitorado por esta Empresa[87].

OLIVEIRA [82], desenvolveu uma pesquisa propondo uma metodologia para avaliar as alterações nas características hidrossedimentológicas de bacias hidrográficas e suas repercussões na zona costeira, decorrentes da ocupação antrópica. A pesquisa, que teve como foco a bacia hidrográfica do Rio Joanes, propôs a utilização do modelo SWAT (Soil Water Assessment Tool), modelo matemático associado a um SIG (Sistema de Informações Geográficas), projetado para trabalhar com dados referenciados por coordenadas espaciais ou geográficas que permite não apenas uma melhora na precisão dos resultados, mas também uma aplicação mais rápida e eficiente do modelo, tornando possível a análise sistemática de bacias hidrográficas. Dentre as conclusões, a autora verificou que o desmatamento da vegetação original, constituída de mata atlântica que foi gradativamente substituída por outras de coberturas diversas bem como o aumento de áreas urbanizadas e a exploração de materiais para construção civil contribuíram bastante para o aumento da perda de solo da bacia estudada. De acordo com a autora, entre os anos de 1983 a 1996 o aumento da perda de solo foi de 17%. A autora constatou também uma redução das vazões líquidas na foz do Rio Joanes, em função principalmente das derivações de água nos reservatórios das barragens construídas para abastecimento humano e industrial e um aumento da produção sólida na foz, em função do desmatamento para a exploração agropecuária de materiais para construção civil e urbanização da faixa costeira. Oliveira ressalta o perigo do comprometimento da fauna e da flora provocado pelo assoreamento do rio caso a ocupação da faixa costeira não seja acompanhada de um ordenamento de uso do solo.

3.6.1.1 - Uso e ocupação do solo

De acordo com o IMA (Instituto do Meio Ambiente) o uso e ocupação do solo estão representados pelos itens abaixo:

Exploração petrolífera - realizada pela Petrobrás explorando gás e óleo bruto no trecho próximo aos pontos de nascente.

Pastagem - são realizadas atividades de pecuária (criação de gado bovino e bubalino), no trecho próximo aos pontos de nascente.

Parques Industriais – Aí estão instalados Centro Industrial de Aratu (CIA) e Pólo Petroquímico de Camaçari.

Área de Preservação Ambiental - APA/Joanes Ipitanga (Decreto Estadual n.º.596 de 05 de junho de 1999).

Áreas submetidas a processo de urbanização – presença de favelas, loteamentos e condomínios.

Exploração Mineral - pedreiras e lavras de cascalhos, caulim e arenoso.

Dutovias e Ferrovias - distribuídas em diversos trechos da bacia e alguns ramais que realizam transporte de cargas com substâncias químicas, inclusive perigosas, destacando-se as seguintes ligações dutoviárias: Pólo Petroquímico de Camaçari ligado ao Porto de Aratu; Refinaria Landulfo Alves ligada ao Terminal Marítimo de Madre Deus; Gasoduto Copene ligada à Cotegipe; Oleodutos e Gasoduto de São Francisco do Conde/Dom João ligados à Refinaria Landulfo Alves; Gasodutos da Bahiagás com seguintes ramais: Pólo Petroquímico ligado à Fábrica da Millenium; Pólo Petroquímico ligado à Dias D'Ávila; Pólo Petroquímico ligado a Salvador (Iguatemi e Itaigara, trecho inicial).

Reflorestamento - anel florestal do CIA e Pólo Petroquímico de Camaçari.

Na **Figura 5** observa-se o estado de degradação na barragem do Ipitanga I provocada por ocupações irregulares. Estudos vêm demonstrando que a ocupação do solo através da urbanização e as áreas cultivadas são fontes dos elementos Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Mn, Ca, Mg, K e Zn em sistemas fluviais. Já os elementos Mn, Zn e Cu são provenientes, principalmente, de fertilizantes [88].

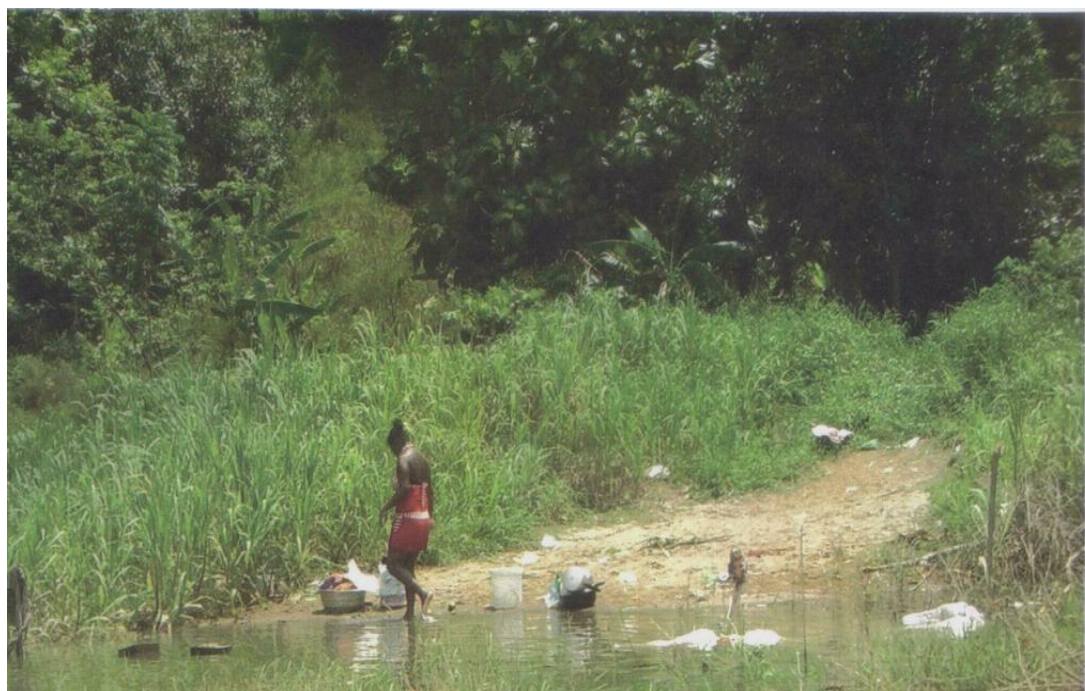


Figura 5 - Ocupações irregulares nas margens da barragem do Ipitanga I

Fonte : Jornal da EMBASA, mar/2009

As diversas atividades industriais encontradas na área da BHRJ podem resultar na formação de esgotos domésticos e industriais ricos em Al e PO₄, DQO, DBO, amônia, Cu, As, Zn, PB, dentre outros.

A **Figuras 6** apresenta o diagrama unifilar do Rio Joanes onde são encontrados os pontos de amostragem utilizados pelo IMA para o monitoramento desta bacia. Este diagrama é datado do ano 2000, entretanto foi aqui considerado devido a inexistência de outro mais atual. Considerando a data em que foi construído é possível que tenha havido alguma alteração . Isto poderá ser confirmado a partir da execução do projeto Sigam que será desenvolvido pela em EMBASA em parceria com a Fundação Politécnica da UFBA. Nesta oportunidade serão identificadas as ocupações assentadas na área da bacia supracitada.

O relatório emitido pelo IMA em 2001 destaca como principais fontes de poluição o lançamento de efluentes industriais, o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio (esgotos “in natura”) e outros resíduos de origem industrial.

Os relatórios referentes às Campanhas desenvolvidas pelo INGA em 2008 e 2009 afirmam a mesma coisa, mostrando inclusive o aumento dessas contaminações.

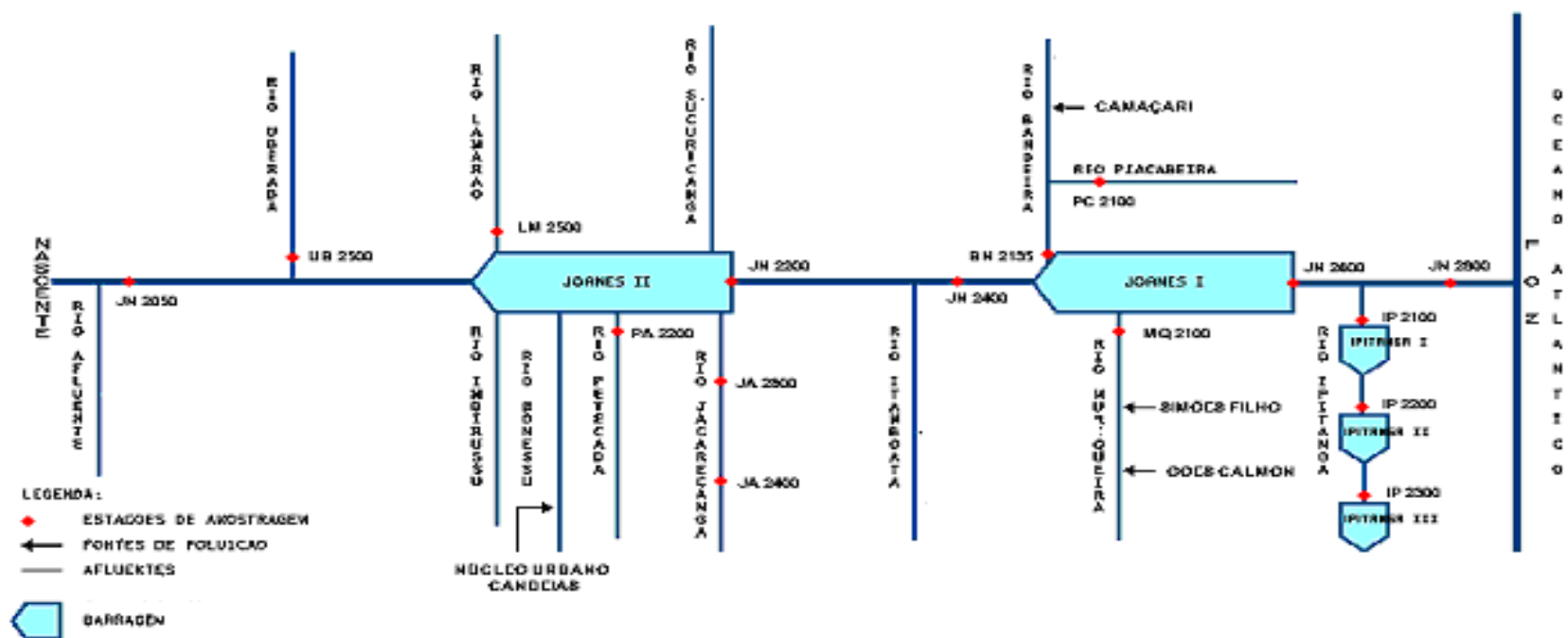


Figura 6 - Diagrama Unifilar do Rio Joanes
Adaptado do IMA – Instituto do Meio Ambiente, 2000

3.6.1.2 - Usos da água

As águas da Bacia do rio Joanes são utilizadas para diversas finalidades como [82]:

Abastecimento Doméstico - É o uso mais nobre da água, não só a água para beber, essencial à manutenção da vida, mas a água de beber que é utilizada também para higiene pessoal, preparação de alimentos, limpeza de área, lavagem de roupas e utensílios, rega de jardins, entre outros usos. A BHRJ abastece parte da cidade do Salvador, bem como Candeias, Lauro de Freitas, Simões Filho, Dias D'Ávila, Madre Deus e São Francisco do Conde.

Represamento das águas - Através dos Barramentos: Joanes I (abastecimento de Salvador e Lauro de Freitas) e Joanes II (abastecimento do Pólo Petroquímico e CIA Norte), e Ipitanga I (regularizar as águas do rio Ipitanga, complementar a produção de água potável de Salvador e Lauro de Freitas), Ipitanga II (fornecimento de água bruta e/ou tratada às indústrias do CIA) e Ipitanga III (acumulação e transposição das águas do rio Joanes no período de estiagem e que as reverte para Ipitanga I e II). Essas barragens basicamente são utilizadas para reforçar o sistema de abastecimento de Salvador, além de fornecer água para os demais municípios da RMS.

Abastecimento Industrial: Através das barragens do Ipitanga II e Joanes II são abastecidos o CIA – Centro Industrial de Aratu e o Pólo Petroquímico de Camaçari.

Dessedentação de Animais: Este uso requer algumas exigências quanto à qualidade da água, sem maior preocupação quanto aos aspectos estéticos. Bovinos e búfalos utilizam-se desta água, no entorno dos pontos de nascente.

Recreação e Lazer: Em decorrência do processo de urbanização, estas atividades apresentam significado social e econômico. Utilizam-se o trecho estuarino até a sua desembocadura situada na praia de Buraquinho.

Pesca: Este uso requer exigências na qualidade da água para alimentação e proteção. Esta atividade é desenvolvida em alguns trechos, principalmente na zona estuarina e clandestinamente ao longo dos espelhos d' águas das represas Joanes I e II, Ipitanga I, II e III.

3.6.1.3 - Atividades impactantes

Atividades como extração ou lavra de substâncias minerais utilizadas na construção civil; transporte de cargas perigosas através de ferrovias, dutovias e rodovias com eventuais acidentes são alguns exemplos de atividades que causam impacto na BHRJ.

A ausência da mata ciliar em alguns trechos próximos de áreas urbanizadas e em processo de favelização, sobretudo em alguns locais dos municípios de Simões Filho, Camaçari e Lauro de Freitas, vem provocando a erosão das margens e conseqüente assoreamento da calha fluvial, contribuindo para o aumento da turbidez, alterando a qualidade das águas dos rios desta bacia (**Figura 7**). As matas ciliares são representadas pelo conjunto de árvores, arbustos e outras espécies vegetais situados nas margens dos rios e têm a função de: (a) proteger a barranca dos rios contra os desmoronamentos; (b) conservar a temperatura da água; (c) produzir alimentos para os peixes e animais silvestres; e (e) como conseqüência o equilíbrio do ecossistema



Figura 7 - Áreas degradadas (Joanes II)

De acordo com BACELLAR [88], a mata ciliar exerce um alto poder depurativo pois a vegetação que a compõe é comprovadamente eficiente para reter o nitrato de origem antrópica e, assim, evitar a contaminação dos rios. Segundo o pesquisador, o ambiente redutor comumente encontrado nos solos sob a mata ciliar favorece a denitrificação das águas dos fluxos subterrâneos e subsuperficiais que descem encosta abaixo. Por tal razão, têm-se empregado matas ciliares para controle da contaminação por nitrato em zonas rurais. Na denitrificação o nitrato é reduzido a nitrogênio (N_2) que vai para a atmosfera. O excesso de

compostos nitrogenado e fosfatados decorrentes de atividades antrópicas, bem como as altas temperaturas dos corpos aquáticos (na Bahia é, em média, acima de 25 °C) são condições que favorecem o processo de eutrofização dos ambientes aquáticos.

As **Figuras 8 e 9** mostram a degradação do Ipitanga I provocada pelo acúmulo de lixo e lançamento de esgoto doméstico.



Figura 8- Presença de plantas aquáticas evidenciando processo de eutrofização na barragem do Ipitanga I. Fonte : Jornal da EMBASA, março de 2009



Figura 9 – Lixo e esgoto causam degradação da barragem do Ipitanga I
Fonte: Jornal da EMBASA, março de 2009

Na avaliação da qualidade das águas da BHRJ realizada pelo CRA em 2001[83], chegou-se à seguinte conclusão:

Os afluentes do Rio Joanes que apresentam maior comprometimento da qualidade de suas águas são os rios:

- Lamarão (devido à presença de Ferro e Cobre), Jacarecanga (devido à presença de Fluoretos e aos valores altos de DBO), e o Bandeira e Piaçabeira por conta dos valores altos de DBO e de Coliforme Fecais e dos valores baixos de OD.
- No curso d'água do Rio Joanes as condições de qualidade da água melhoram em consequência do maior volume de água desse rio e das represas das barragens Joanes I e Joanes II.
- No caso dos afluentes do Rio Ipitanga tem-se o Rio Cururipe em condições péssimas (Concentração de Resíduo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio e Coliformes Fecais altos e de Oxigênio Dissolvido baixo) que refletem na qualidade do curso principal do rio Ipitanga.

Segundo o Relatório do IMA[83] , os altos valores encontrados para cobre, chumbo e alumínio podem estar associados às atividades de processamento de minério de cobre e emissões atmosféricas da atividade de beneficiamento de alumínio, realizadas à montante dos pontos de coleta da amostra de água.

Em 2008, nas quatro Campanhas realizadas pelo INGA, observou-se que a maioria dos pontos da Bacia Hidrográfica do Recôncavo Norte com IQA classificado como de qualidade “regular” e “ruim” ocorreu na Bacia dos Rios Joanes e Ipitanga, tendo inclusive, um ponto de qualidade “péssima”. Nesta bacia, a qualidade das águas dos afluentes também foi comprometida, notadamente em relação aos resultados dos parâmetros biológicos e de nutrientes.

Estes diagnósticos mostram a necessidade de soluções imediatas para conter as práticas de degradação ambiental, principalmente em áreas de mananciais, visando evitar a perda de reservatórios, como já ocorreu em Salvador com o reservatório de Mata Escura, com as represas do Prata e Cachoeirinha e, mais recentemente, **com a bacia do Cobre**. Através do monitoramento de 60 pontos nos mananciais da RMS, a EMBASA vem procurando prevenir a degradação desses mananciais e detectar os problemas para busca de soluções. O programa de monitoramento de mananciais da EMBASA implantou novas redes de monitoramento nas represas Joanes I e II, Ipitanga I, II e III e Pedra do Cavalo [86].

Dentro das ações ambientais realizadas pela EMBASA está o reflorestamento e recomposição de matas ciliares em áreas de mananciais. A **Figura 10** abaixo mostra a efetivação desta ação na área do Joanes II.

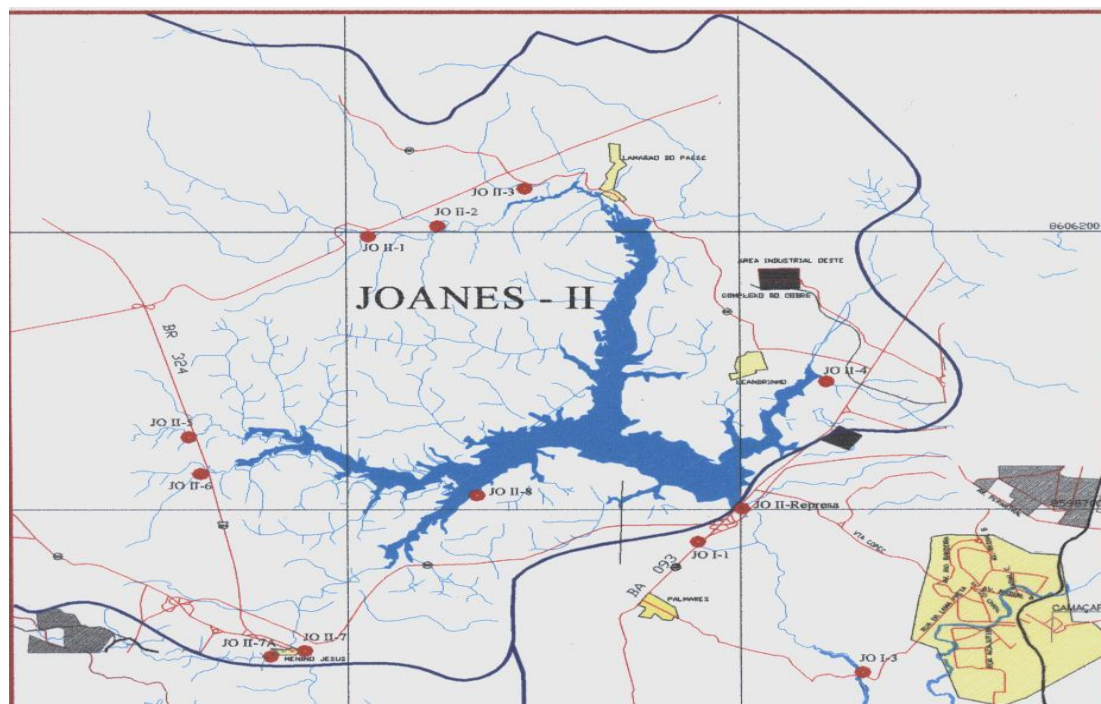


Figura 10 – Área reforestada do Joanes II

Para facilitar este processo e reduzir custos a EMBASA construiu em 2004, um *Horto Florestal* (**Figura 11**) facilitando assim as ações de recomposição das matas ciliares dos seus mananciais utilizados para abastecimento público. Situado em Candeias na área da ETA Principal, o horto possui capacidade para abrigar cerca de 1770 mudas. As mudas aí abrigadas têm sido utilizadas na recomposição não só de áreas de mananciais como também outras áreas que necessitam de recuperação florestal. Para obtenção de melhores resultados a EMBASA firmou um convênio de colaboração técnica com a SEMARH/SFC (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/ Superintendência de Floresta e Unidades de Conservação). Essa parceria trará benefícios através do conhecimento técnico específico dos funcionários da SEMARH/SFC favorecendo assim a ampliação e melhoria do Projeto do Horto.



Figura 11 – Horto Florestal - EMBASA

Para BACELLAR [88], o desmatamento tende a aumentar o volume de água disponível nas bacias hidrográficas, elevando os fluxos anuais dos rios. No desmatamento não controlado há um aumento do volume de água que atinge o perfil do solo onde a água é retida, favorecendo a lixiviação e uma maior exportação de elementos químicos para os rios. O autor observou um ligeiro aumento da turbidez, condutividade, nitratos, potássio, cálcio, magnésio e ferro na água de rio até um ano após o corte de uma plantação de eucaliptos.

A concentração de elementos químicos dissolvidos nas águas dos rios de bacias totalmente florestadas é normalmente baixa, especialmente na fase inicial de sucessão vegetal, quando a perda de elementos químicos por lixiviação é mínima, devido à grande adsorção dos mesmos pelas raízes [89].

São muitas as variáveis que podem interferir na qualidade de uma água. As ações inadequadas desenvolvidas no entorno das bacias hidrográficas comprometem a qualidade das águas exigindo o uso de produtos químicos diversos e técnicas cada vez mais sofisticadas para tornar essas águas adequadas para o consumo humano. Aliado a isso os avanços

tecnológicos tem proporcionado aos laboratórios de pesquisa o uso de equipamentos cada vez mais sofisticados que permitem a obtenção de um maior número de resultados e análises simultâneas de um maior número de amostras. Entretanto analisar um grande número de resultados por análise univariada ficou cada vez mais difícil. Para facilitar essa avaliação surgiu a análise multivariada, que caracteriza a quimiometria [90,91,92], permitindo que se possa extrair um maior número de informações de um experimento que envolve um grande número de variáveis em menor tempo.

3.7 – Análise Multivariada de dados

A consideração isolada de uma única informação a respeito de amostras com alto grau de semelhança dificilmente leva a resultados satisfatórios. Entretanto se todas as informações forem consideradas simultaneamente, provavelmente será possível caracterizar conjuntos de amostras. Diante de uma gama de informações os processos computacionais vêm sendo cada vez mais utilizados de forma a utilizar, simultaneamente todas as informações adquiridas através dos métodos denominados multivariados.

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos aplicados em situações onde várias variáveis são medidas simultaneamente em cada elemento amostral. Uma observação multivariada de dimensão p , ou p -variada, é um vetor:

$$X = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_p)^t$$

Em que t = transposto e cujas coordenadas X_1 a X_p são variáveis aleatórias oriundas de várias medidas de um mesmo elemento amostral. Assim, uma matriz de observações p -variadas, ou matriz de dados, é uma tabela X : $n \times p$. Dessa forma, n medidas em p variáveis podem ser dispostas da seguinte forma:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} & X_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ X_{p1} & X_{p2} & \dots & X_{pj} & X_{pn} \end{pmatrix}$$

Em que X é a matriz que contém todas as observações de todas as variáveis. Quanto maior o número de variáveis, mais complexa é a análise através de técnicas univariadas [93]. Os dados originais, na forma de matriz, são expressos por $X = (x_{i,j})$, em que $i = 1 \dots n$ amostragens e $j = 1 \dots p$ variáveis.

A Quimiometria segundo alguns pesquisadores [94], é uma disciplina química que emprega métodos matemáticos e estatísticos para planejar ou selecionar experimentos de forma otimizada e para fornecer o máximo de informação química com a análise dos dados obtidos.

Os métodos quimiométricos são usados para identificar as semelhanças e diferenças em diferentes tipos de amostras agrupá-las e classificá-las. Estes métodos estão divididos em dois grupos: métodos supervisionados e os não supervisionados. Nos métodos supervisionados, cada amostra analisada provém de uma classe pré-estabelecida e esta informação é utilizada durante a construção dos modelos. Os métodos supervisionados não requerem nenhum conhecimento prévio a respeito da classificação das amostras, elas são agrupadas naturalmente com base nos dados experimentais em questão.

Quando o interesse é verificar como as amostras se relacionam entre si, ou seja, o quanto estas são semelhantes segundo as variáveis utilizadas, destacam-se dois métodos que podem ser utilizados: a análise de agrupamento hierárquico (HCA) e a análise de componentes principais (PCA).

A análise de componentes principais, PCA (do inglês, Principal Component Analysis) é um método classificatório não supervisionado, destinado a produzir grupos ou agrupamentos de amostras semelhantes, segundo suas características (variáveis). O agrupamento das amostras define a estrutura dos dados através de gráficos de escores (scores) e pesos (loadings), cujos eixos são componentes principais (PCs) nos quais os dados são projetados (**Figura 12**).

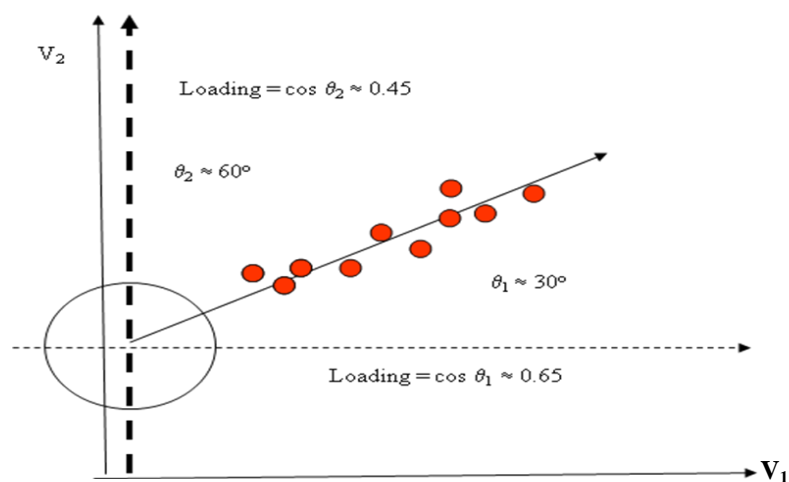


Figura 12 – Representação gráfica das Componentes Principais

Os escores que são as coordenadas dos objetos no sistema de eixos definido pela componentes principais, fornecem a composição das PCs em relação às amostras, enquanto os pesos ou loadings, que são os cossenos dos ângulos que as componentes principais formam com o eixo das variáveis, influenciam essa composição em relação às variáveis. Como as PCs são ortogonais, é possível examinar as relações entre amostras e variáveis através dos gráficos dos escores e dos pesos. O estudo conjunto de escores e pesos ainda permite estimar a influência de cada variável em cada amostra. [95]

A PCA, para dados bidimensionais, é uma ferramenta quimiométrica bastante difundida e utilizada para diminuir a dimensão dos dados originais.[95] Desta forma, uma gama infinita de informações pode ser organizada em uma matriz de dados X formada por N linhas e M colunas. As linhas podem ser, por exemplo, amostras de água de diferentes locais ou diferentes tratamentos, e as colunas (variáveis) podem ser características físico-químicas ou até mesmo concentrações de espécies químicas [96].

Na aplicação da técnica da PCA, a primeira etapa é transformar a matriz de dados originais em uma matriz de correlação $[R]$ ($p \times p$), para p igual número de parâmetros de qualidade de água utilizados. A matriz de correlação tem como principal objetivo eliminar os problemas de unidade e escalas diferenciadas em que as variáveis são medidas.

A análise de agrupamento hierárquico, HCA (do inglês Hierarchical Cluster Analysis) é um processo hierárquico no qual cada etapa da matriz de dados é reduzida em uma dimensão, pela reunião de pares semelhantes, até a reunião de todos os pontos em um único grupo. O objetivo da HCA é exibir os dados em um espaço bidimensional de maneira a enfatizar os seus agrupamentos e padrões naturais. A distância entre os pontos (amostras ou variáveis) reflete a similaridade de suas propriedades, portanto quanto mais próximos esti-

verem os pontos no espaço amostral, mais similares são eles [97]. Os resultados são apresentados na forma de dendogramas, os quais agrupam amostras ou variáveis em função da similaridade [98].

3.7.1 – Aplicações de análise multivariada de dados no tratamento de dados resultantes de análises de águas.

BISINOTI e colaboradores [99] empregaram a análise multivariada utilizando a técnica da PCA num estudo realizado na Bacia Hidrográfica da Cidade de Londrina, Paraná no período de fevereiro de 1997 a fevereiro de 1998. Neste estudo os autores avaliaram a influência dos metais Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb e Zn no sistema aquático da referida Bacia encontrando os seguintes níveis em mg/L, para os referidos metais: Ca (< 0,03 – 9,49); Cd x 10 (0,03 – 0,10); Cu x 10 (0,54 – 4,13); Fe x 10 (< 0,0 – 125); Mg x 10 (<0,03 – 10,4); Mn (<0,56 – 8,65); Ni x 10 (<0,42 – 6,64); Pb x 10 (<20) e Zn x 10 (<25 – 55). Através da análise de componentes principais os autores chegaram à conclusão que houve aumento da concentração dos metais ao longo da rede hidrográfica, que a presença sistemática dos metais Cu, Zn e Cd é originária dos processos de urbanização e industrialização e que a presença também constante dos metais Mn, Mg, Fe e Pb proveniente, provavelmente, do solo.

ANDRADE e colaboradores [90] empregaram a PCA para identificar os fatores determinantes, naturais e antrópicos, da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará. As amostras foram coletadas trimestralmente no período de fev/2003 a mar/2004. Foram analisados os parâmetros pH, temperatura, cor, turbidez, nitrato, amônia total, amônia livre, amônia ionizada, sódio, cloretos, potássio, sulfato, dureza, cálcio, magnésio, alcalinidade total, alcalinidade do bicarbonato, condutividade elétrica, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, ortofosfato solúvel, clorofila “A”, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Através da PCA foram selecionadas as variáveis que explicavam o maior percentual da variância total dos dados. As três primeiras componentes principais explicaram 88% da variância total. A primeira (PC1) representou um componente mineral; a segunda (PC2), um componente de nutrientes e a terceira (PC3), um componente de escoamento superficial das áreas agrícolas e clima. A rotação dos fatores mostrou que os parâmetros indicadores da qualidade das águas da Bacia do Alto Acaraú estão relacionados com a ação natural (solubilidade dos sais), ação

antrópica (nutrientes e transporte de sedimentos; poluição difusa gerada nos núcleos urbanos e em atividades agropecuárias).

BRITO e colaboradores [100], realizaram um estudo para identificar as variáveis de maior significância na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Salitre e classificar as fontes hídricas segundo suas características. Nesse estudo foram analisados os parâmetros: temperatura (T), pH, condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (SDT), oxigênio dissolvido (OD), amônio ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) e ferro (Fe^{2+}). A dureza total (DT) e a relação de adsorção de sódio (RAS) foram determinadas a partir dos dados de alguns parâmetros.

NONATO e colaboradores [101], realizaram o monitoramento da qualidade da água no curso superior do Rio das Velhas, um tributário principal da bacia de São Francisco situada no estado de Minas Gerais. A análise componente principal identificou quatro componentes principais que explicam 80% da variabilidade dos dados. Entre os principais parâmetros estão presentes variáveis que caracterizam impacto causado pelo lançamento de esgoto sanitário, como nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, fósforo, estreptococos, coliformes fecais, DBO e DQO. Esta observação permitiu aos pesquisadores concluir que o principal impacto causado no Alto Curso do Rio das Velhas é atribuído à falta de saneamento básico. Segundo os autores outros parâmetros característicos de efluentes de mineração, sólidos em suspensão, turbidez, Fe total, estão entre os mais importantes, evidenciando o impacto ambiental causado por essa atividade na região .

Avaliar as alterações na qualidade da água do Rio de Tibagi em função das atividades urbanas e industriais na região de Ponta Grossa no estado do Paraná, foi o objetivo de ZIMMERMANN e colaboradores [102]. O estudo envolveu o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do corpo da água, que foram avaliados por análise de componentes principais. As coletas das amostras foram realizadas mensalmente no período de outubro de 2005 a setembro de 2006, em 3 pontos de amostragem: rio acima, a jusante do distrito industrial e rio abaixo da cidade de Ponta Grossa. A análise de componentes principais mostrou o efeito das fontes pontuais associadas com a atividade industrial, que contribuem para o aumento da concentração total de nitrogênio amoniacal e da redução do oxigênio dissolvido na região estudada.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área em estudo, apresentada na **Figura 13** abrange os municípios de Camaçari, São Francisco do Conde, Candeias, Dias D'Ávila, Simões Filho, São Sebastião do Passé, Lauro de Freitas além de Salvador.



Figura 13 – Região Metropolitana de Salvador
 Fonte: www.sei.ba.gov.br

4.2 – Coleta de dados

Os dados utilizados neste estudo foram fornecidos pelo Laboratório Central da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S/A-EMBASA, certificado pela ISO 9001:2000 desde novembro de 2000. A coleta das amostras foi realizada pelos coletores deste Laboratório, obedecendo ao que recomenda a Resolução CONAMA 357/05 para mananciais da classe 2 de água doce destinada ao abastecimento público. As coletas e estocagem das amostras foram realizadas de acordo com a determinação do parâmetro requerido, baseando-se no que recomenda o SMEWW (Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater – Métodos Padrões para Análise de Águas e Efluentes) [103], conforme descrito abaixo:

Amônia

Amostras coletadas em frascos plásticos contendo ácido sulfúrico, para preservação a pH menor do que 2 e mantidas refrigeradas a cerca de 4°C. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 28 dias após a realização da coleta.

Nitrito e nitrato

Amostras coletadas em vials âmbar de 40 mL com tampa e septo (podendo ser em frasco transparente de boca rosqueável de 150 mL). Amostras foram preservadas a 4°C e analisadas dentro do prazo máximo de 48 horas após a realização da coleta.

Condutividade

Em frascos plásticos sem preservação. As determinações de condutividade foram realizadas dentro do prazo máximo de 28 dias após a realização da coleta.

Cor

Amostras coletadas em frascos plásticos ou de vidro sem preservação. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 42 dias após a realização da coleta.

DBO

Em vasilhame de vidro ou plástico sem preservação. Volume necessário, mínimo de 1 litro. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 24 horas após a realização da coleta.

DQO

Amostras coletadas em frascos plásticos e preservadas com ácido sulfúrico a pH menor do que 2 e refrigeradas a cerca de 4°C. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 8 dias após a realização da coleta.

Fósforo Total

Amostras coletadas em vasilhame plástico (podendo ser também de vidro), preservadas com Ácido Sulfúrico a pH<2. Volume mínimo necessário de 500 mL. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 28 dias após a realização da coleta.

OD

Amostras coletadas em frascos de OD, conforme procedimento próprio de preservação (fixação do oxigênio). Amostras foram reservadas sem refrigeração e foram analisadas dentro do prazo máximo de 24 horas após a realização da coleta.

pH

Amostras coletadas em vasilhame plástico, completamente cheios, sem preservação. As amostras foram analisadas dentro do prazo máximo de 24 horas após a realização da coleta.

Sólidos totais dissolvidos

Amostras coletadas em vasilhame plástico (podendo também ser de vidro) e refrigeradas a cerca de 4 °C sendo analisadas no prazo máximo de 7 dias após a realização da coleta.

Metais e metalóides

Conforme recomenda o método 3010-B do SMEWW[103], antes da coleta deve-se estabelecer que fração deverá ser analisada (metal dissolvido, suspenso, total ou extraível no ácido). Isto determinará, em parte, se a amostra será acidificada com ou sem filtração e o tipo de digestão exigido. Diversos erros podem ser introduzidos durante a amostragem e estocagem devido à contaminação do recipiente utilizado na amostragem, perda de metais por adsorção e/ou precipitação no recipiente da amostra causado por falha na acidificação da amostra. Embora os recipientes de quartzo ou teflon sejam os mais recomendados, devido ao custo podem ser substituídos por recipientes de polipropileno ou polietileno linear com tampa de polietileno. Recipientes de vidro borosilicato também podem ser utilizados para evitar amolecimento dos recipientes de vidro utilizados na amostragem de metais na faixa de micrograma por litro. Neste trabalho foram utilizados recipientes de vidro borosilicato.

As amostras foram preservadas com ácido nítrico até $\text{pH} < 2$ e estocadas em refrigerador a 4 °C para evitar variação de volume devido a evaporação. As amostras para determinação de mercúrio foram preservadas com 2mL de uma solução de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ a 20% (preparada em ácido nítrico 1+1) . As amostras para determinação de metais dissolvidos foram filtradas antes da preservação.

4.3 – Análises químicas

As amostras foram analisadas pelos técnicos do laboratório central da EMBASA, de acordo com os procedimentos recomendados pelo SMEWW [103], cujos resultados foram registrados em planilhas, em forma de matriz bidimensional para posterior interpretação. Para facilitar a interpretação dos resultados foram produzidas duas matrizes, uma com os resultados físico-químicos e a outra com os resultados de metais e metalóides. Os resultados acima referidos deram origem às planilhas que se encontram no capítulo 5 deste trabalho, Resultados e Discussão.

4.3.1 – Determinação dos parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos foram determinados conforme descrição a seguir:

- **Amônia** – A amônia foi determinada pelo método do íon seletivo que se baseia no seguinte princípio. O Eletrodo de Amônia usa uma membrana hidrofóbica permeável a gases, que separa a amostra da solução interna do eletrodo de cloreto de amônio. A amônia dissolvida, nas formas de NH_3_{aq} e NH_4^+ , é convertida a NH_3_{aq} pela elevação do pH para valores acima de 11 com uma base forte. A NH_3_{aq} se difunde através da membrana e muda o pH da solução interna que é detectado pelo eletrodo de pH. O nível fixo de cloreto na solução interna é detectado pelo eletrodo íon seletivo de cloreto que serve como um eletrodo de referência. As medidas foram realizadas utilizando-se o pHmetro Íon Seletivo da HANNA, modelo HI 4212.
- **Condutividade** - A condutividade elétrica foi determinada por condutimetria utilizando o condutivímetro da marca ORION, modelo 150.
- **Cor real ou verdadeira** - Empregou-se a técnica espectrofotométrica numa célula de fluxo de caminho ótico de 25 mm, no comprimento de onda de 455 nm, utilizando o espectrofotômetro da HACH modelo DR 2010
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** - DBO foi determinada através da técnica eletrométrica conforme descrição a seguir. A amostra previamente climatizada á temperatura de 20 ± 3 °C é transferida para o frasco de DBO calibrado onde se determina o oxigênio dissolvido pela técnica eletrométrica. O frasco tampado e isento de bolhas é incubado a 20 ± 1 °C durante 5 dias no escuro.

Nesta temperatura a matéria orgânica presente é consumida pelos organismos aeróbicos utilizando o oxigênio em seu metabolismo. Após o período de incubação, a amostra é retirada da estufa incubadora e é feita uma nova determinação de oxigênio dissolvido. As amostras pobres em organismos aeróbicos como alguns mananciais e águas tratadas, deverão ser submetidas ao processo de semeio. Neste processo são introduzidas nas amostras bactérias provenientes do semeio, que preferencialmente deve ser o efluente de uma lagoa aeróbica, que é pobre em matéria orgânica biodegradável mas rica nestes organismos. Algumas amostras, dependendo da concentração de matéria orgânica biodegradável presente, podem necessitar de diluição para que o consumo de oxigênio (diferença entre o OD final e o OD inicial) fique na faixa aceitável que é de 40 a 70 % do OD inicialmente determinado. A técnica Eletrométrica de medição de OD é baseada em sua propriedade oxidante: Uma membrana semipermeável permite a passagem apenas do oxigênio, que reage com o ânodo da Probe (parte dourada) deixando dois elétrons. A corrente elétrica formada é proporcional à concentração de oxigênio, cuja referência de calibração é a espuma úmida, na qual se garante a saturação do oxigênio na temperatura e pressão atmosférica da análise. A incubação é efetuada no escuro, para evitar a formação de oxigênio por fotossíntese. A temperatura e o tempo de incubação são parâmetros definidos internacionalmente por consenso.

- **Demanda Química de Oxigênio (DQO)** - A DQO foi determinada pela técnica colorimétrica conforme descrição a seguir. A matéria orgânica presente na amostra reage com dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$), à quente, gerando o cromo trivalente (Cr^{+3}) na presença de altas concentrações de ácido sulfúrico e de íons prata. Todos os compostos orgânicos e espécies inorgânicas oxidáveis com exceção de alguns compostos orgânicos aromáticos e da piridina, são oxidados devido ao meio racional ser fortemente oxidante forte. O íon cloreto (Cl^-), interferência mais importante na análise, é oxidado pelo dicromato provocando erros positivos. Além deste efeito, o cloreto precipita o íon prata, inibindo a sua ação catalisadora. Concentrações de cloreto até 2000mg/L são eliminadas pela presença de sais de mercúrio. Estudos indicam que cerca de 90 % da DQO reage nos 15 primeiros minutos da digestão, fato que pode ser útil no caso da necessidade de estimativas rápidas do valor de DQO. A determinação da DQO é colorimétrica,

aproveitando as propriedades óticas dos íons envolvidos no processo, Cr^{+6} e Cr^{+3} . Em faixas altas de DQO a formação do íon cromo trivalente (Cr^{+3}) é através da intensificação da sua cor esverdeada. Como a absorvância molar do íon cromo trivalente é menor do que a do íon hexavalente, este sistema não se presta para a determinação de DQO em faixas muito baixas, devido à baixa sensibilidade gerada. Utiliza-se nesta faixa, a redução da concentração do íon como hexavalente e conseqüentemente esmaecimento da coloração amarela. A leitura é feita contra um branco (que corresponde a digestão de água destilada) no comprimento de onda 420 nm, nos métodos da HACH no DR 2000 ou DR 2500. Sendo impossível determinar uma expressão estequiométrica para a matéria orgânica presente na amostra, devido à variedade de compostos e a diversidade de proporções entre eles, a DQO é expressa na forma de mg DQO/ L que equivale a mg O_2 / L Esta expressão é útil pois torna comparáveis os resultados de DQO e DBO de uma amostra, revelando informações importantes sobre a proporção entre matéria orgânica biodegradável e não-biodegradável presentes na amostra.

- **Fósforo total** – O fósforo foi determinado pela técnica espectrofotométrica utilizando o espectrofotômetro da HACH, modelo DR 2500, conforme descrição a seguir. A amostra foi submetida a uma hidrólise à quente em meio fortemente ácido, onde todas as espécies inorgânicas de fósforo são transformadas em ortofosfato. No processo de digestão, a mistura do ácido nítrico com o ácido sulfúrico à quente, gera uma substância extremamente oxidante conhecida como sulfato de nitrônio, onde o elemento oxidante é o (NO^{2+}). Nas condições da digestão, todo o fósforo presente na forma de fósforo orgânico e fósforo inorgânico hidrolizável são convertidos a ortofosfato. As etapas acima determinam quais frações do fósforo presente na amostras estarão disponíveis para o processo de complexação, descrito nos passos seguintes. Após o ajuste do pH, a adição do molibdato de amônio provoca a formação do ácido fosfomolibídico que é reduzido com cloreto estanhoso a um oligômero intensamente colorido chamado azul de molibdênio, cuja intensidade respeita a Lei de Beer (absorvância diretamente proporcional à concentração).
- **Nitrato e nitrito** - O nitrato e nitrito foram determinados pela técnica de cromatografia de íons utilizando o cromatógrafo da METROHM modelo 761

compact IC. A cromatografia de íons é uma técnica de separação na qual a fase estacionária é constituída de resinas de troca iônica. Estas resinas contém pequenos íons livres que facilmente trocam de lugar com outros íons pequenos de igual carga, presentes na solução que banha a resina.

- **OD** - O oxigênio dissolvido foi determinado por titulometria usando o método de Winkler. Dentre as diversas modificações aplicáveis ao método, foi utilizado o da modificação azida, conforme descrição a seguir. Uma pequena quantidade de azida de sódio (NaN_3) é introduzida na amostra de água para eliminar a interferência de nitrito, muito comum em águas brutas. Por se tratar de um gás dissolvido, esta análise deve ser executada em campo ou através da fixação química do oxigênio. Para esta fixação um frasco de DBO com tampa esmerilhada é completamente cheio com a amostra, de modo a evitar as bolhas de ar, cuja presença provoca erros grosseiros na análise. Adiciona-se à amostra solução de sulfato manganoso (MnSO_4) e de reagente iodeto alcalino azida, que contem na sua formulação iodeto de potássio (KI), Hidróxido de Sódio (NaOH) e Azida de Sódio (NaN_3). Neste momento, ocorre a formação de um precipitado floculoso, que é o hidróxido de manganoso $\text{Mn}(\text{OH})_2$. O oxigênio dissolvido presente oxida o hidróxido manganoso, de coloração esbranquiçada, formando o hidróxido mangânico, de coloração marrom. A coloração do precipitado pode variar de branco a marrom, conforme a concentração de oxigênio dissolvido presente na amostra. Nesta etapa do processo, o oxigênio dissolvido na amostra está quimicamente fixado ao precipitado, portanto, a concentração de oxigênio no líquido sobrenadante é virtualmente zero. A presença de bolhas de ar, cuja concentração de oxigênio é de 210.000 ppm (21 %) provocaria a dissolução deste gás no sobrenadante, alimentando o processo de oxidação do hidróxido manganoso a hidróxido mangânico e a fixação química deste oxigênio presente na bolha, provocando erros positivos grosseiros na análise. No laboratório, acrescenta-se ácido sulfúrico concentrado, que promove a dissolução do precipitado e a liberação do íon mangânico livre, que por sua vez, reage com o iodeto livre, formando iodo. Vale ressaltar que íon Mn^{+2} funciona como catalisador do processo e que a quantidade de iodo formado equivale estequiometricamente à quantidade de oxigênio dissolvido presente na amostra. Na titulação, o tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) reduz o iodo a iodeto, formando o

íon tetrionato ($S_4O_6^{2-}$). Utiliza-se como indicador o amido solúvel, que forma um complexo com o iodo de coloração azul intensa. Ao longo da titulação, o iodo livre complexa-se com o iodeto presente formando o íon triiodeto, que também forma complexos de coloração azulada com o amido. Por isso o amido não deve ser adicionado no início da titulação. A virada da titulação é caracterizada pela mudança da cor azul para o incolor.

pH - O pH foi determinado por eletrometria utilizando o pHmetro da Policontrol, modelo pH 250. A determinação do pH é a medida da variação do potencial em um eletrodo de vidro com a variação da atividade hidrogeniônica da solução em que ele está mergulhado, usando um eletrodo de referência. O eletrodo de pH pertence ao grupo de eletrodos de membrana sólida, sendo o melhor dos eletrodos seletivos e é sensível aos íons hidrogênio. O mais importante eletrodo sensível ao pH é o eletrodo de vidro. Esse dispositivo se baseia no fato de que membranas delgadas de certas variedades de vidro são sensíveis aos íons-hidrogênio. Se duas soluções estiverem separadas por essa membrana, aparecerá uma diferença de potencial entre suas duas superfícies, que é, no caso, proporcional ao logaritmo da razão das atividades do íon-hidrogênio das duas soluções. A composição dos eletrodos de vidro usados para medir o pH corresponde a silicatos com modificadores iônicos. A natureza do vidro usado para a construção dos eletrodos é um fator muito importante. Existem dois grandes tipos: Membrana T: $Na_2O - CaO - SiO_2$ (22:6: 72)% ; Membrana U: $Li_2O - Cs_2O_2 - BaO - La_2O_3 - SiO_2$ (28:2: 4:3: 63)%. Os modificadores iônicos retardam a hidrólise do silicato. Quando se afunda o eletrodo em água, na capa superficial existe um processo de intercâmbio iônico entre o H^+ da dissolução externa e o Na^+ ou Li^+ da membrana. A atividade da água na dissolução tem um papel muito importante na resposta do pH na membrana de vidro. Por isso, todos os eletrodos de vidro devem ser acondicionados durante um tempo na água, tampão diluído ou KCl, formando-se um gel sobre a membrana. Com esta capa sobre a membrana diminuem os erros quando o pH é medido em soluções de força iônica muito alta, ou quando solventes não aquosos estão presentes.

- **Sólidos totais dissolvidos** - Os sólidos totais dissolvidos foram determinados pela técnica condutimétrica utilizando o condutivímetro ORION, modelo 150.

Apesar da maioria dos condutivímetros disponíveis comercialmente disporem de função que permite a medição de sólidos dissolvidos (SD), em amostras de baixa salinidade como as águas tratadas por exemplo, esta função pode apresentar erros pois compara a condutividade obtida com um padrão de condutividade normalmente composto de uma solução de cloreto de potássio(KCl). Devido à diferença de mobilidade e tamanho existentes entre os diversos ânions e cátions, soluções iônicas de diferentes cátions ou ânions embora de mesma concentração têm condutividades diferentes como por exemplo uma solução de 100 mg/L de sulfato de sódio tem uma condutividade diferente de uma solução de 100 mg/L de cloreto de potássio, embora ambas as soluções possuam 100 mg/L de sólidos dissolvidos. Sendo assim a determinação de SD pela técnica condutométrica necessita da produção de um padrão cuja composição seja uma mistura de sais que simule a condição de distribuição dos diversos ânions e cátions presentes em águas naturais. Este padrão é conhecido como **Padrão 442**, o qual possui em sua composição sulfato de sódio (Na_2SO_4), bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e cloreto de sódio (NaCl) na proporção 4/4/2. Os demais ânions e cátions não possuem concentrações suficientemente altas a ponto de causarem alterações significativas na concentração dos sólidos dissolvidos.

- **Turbidez** - A turbidez foi determinada pelo método nefelométrico utilizando o turbidímetro da HACH modelo 2100M. O método nefelométrico é baseado na comparação da intensidade da luz dispersa pela amostra sob condições definidas, com a intensidade da luz dispersa por uma suspensão padrão de referência nas mesmas condições. Quanto mais elevada for a intensidade da luz dispersa, mais elevada será a turbidez. O polímero formazina é usado como suspensão de referência de padrão primário. A turbidez da concentração especificada da suspensão de formazina é de 4000 NTU (unidade nefelométrica de turbidez).

A **Tabela 10** apresenta as técnicas e os limites de detecção dos métodos utilizados na determinação dos parâmetros físico-químicos estudados na água da bacia do Rio Joanes.

Tabela 10 – Relação das técnicas analíticas e os seus respectivos limites de detecção utilizados na determinação dos parâmetros físico-químicos nas águas da BHRJ.

PARÂMETROS	TÉCNICA ANALÍTICA	LIMITE DE DETECÇÃO
Condutividade	Condutimétrica	0,1µS/cm
Cor	Espectrofotométrica	1 mg Pt/L
DBO ₅	Eletrométrica	1 mg O ₂ /L
DQO	Espectrofotométrica	5 mg O ₂ /L
Fósforo Total	Espectrofotométrica	0,009 mg P- PO ₄ ⁻ /L
Nitrato	Cromatografia de íons	0,01 mg N-NO ₃ ⁻ /L
Nitrito	Cromatografia de íons	0,005 mg N-NO ₂ ⁻ /L
Amônia	Íon seletivo de amônia	0,1 mg N-NH ₃ /L
Oxigênio Dissolvido	Titulométrica	0,1 mg/L O ₂ /L
pH	Eletrométrica	0,01 unidade de pH
Sólidos Totais	Condutométrica	100 mg/L
Turbidez	Nefelométrica	0,001 UNT

4.3.1.1 – Garantia da qualidade para os parâmetros físico-químicos

No laboratório Central da EMBASA a garantia da qualidade para os testes físico-químicos é realizada conforme o exposto na **Tabela 11**.

Tabela 11 - Garantia da qualidade para os parâmetros físico-químicos

PARÂMETROS	GARANTIA DA QUALIDADE DA ANÁLISE
Condutividade	Ensaio em replicatas/medida da constante da célula
Cor	Ensaio em replicatas
DBO	Valor do padrão da glicose
DQO	Checagem de padrões
Fósforo Total	Padrões e amostras fortificadas
Nitrato	Checagem de padrões
Nitrito	Checagem de padrões
Amônia	Amostra fortificada/slope do eletrodo
Oxigênio Dissolvido	Padronização do tiosulfato
pH	Ensaio em replicatas
Sólidos Totais	Checagem de padrões e amostras fortificadas
Turbidez	Verificação diária da calibração do turbidímetro

4.3.2 – Determinação de metais e metalóides

Na determinação dos metais e metalóides algumas amostras foram analisadas diretamente, outras precisaram ser submetidas a tratamentos preliminares para solubilizar o ma-

terial em suspensão e digerir matéria orgânica. O material em suspensão pode entupir os nebulizadores, sistema gerador de vapor frio e danificar os fornos. Amostras isentas de cor e turbidez (1 NTU), sem odor e uma única fase poderão ser analisadas diretamente.

Cabe ressaltar que dentre todos os procedimentos analíticos, a etapa de pré-tratamento das amostras é a mais crítica. Em geral, é nessa etapa que se cometem mais erros e que se gasta mais tempo. Por isso, os passos de um procedimento de pré-tratamento de amostra deverão ser sempre realizados cuidadosamente

Para reduzir a interferência da matéria orgânica e converter o metal para a forma apropriada para ser determinado (geralmente metal livre) por espectrometria de absorção atômica é necessário o uso de um método de digestão da amostra apropriado capaz de fornecer uma recuperação completa e consistente compatível o método analítico e o metal que está sendo analisado.

Amostras para a determinação da maioria dos elementos, com exceção do As, Hg e Se, foram submetidas, quando necessário, à digestão ácida com ácido nítrico. O nitrato é uma espécie aceitável tanto para espectrometria de absorção atômica de chama (FAAS) quanto para espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (GF AAS).

Os elementos Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Cr, Se e V foram determinados por GF AAS. As amostras para a determinação de As e Se foram submetidas à digestão ácida com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio.

Para a determinação do Hg utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção atômica com vapor à frio (CV AAS) após digestão ácida com os ácido nítrico e sulfúrico. Os demais elementos, Ag, Co, Cu, Fe, Li, Mn, Ni e Zn foram determinados por FAAS.

Os parâmetros analíticos seguiram as orientações gerais do SMEWW[103], no que tange à sensibilidade, limites de detecção e precisão e as recomendações do fabricante do instrumento, quanto aos parâmetros analíticos. Tais parâmetros foram definidos através de estudos específicos. Para estas determinações foram utilizados dois espectrômetros: um de absorção atômica com chama, modelo SpectrAA220, corretor de deutério e outro de absorção atômica com atomização eletrotérmica com forno de grafite, modelo SpectrAA Zeeman 220, com corretor de fundo Zeeman.

4.3.2.1 - Garantia da qualidade dos lotes amostrais para análise dos metais e metalóides

Nos programas de análises de rotina do laboratório Central da EMBASA as amostras são agrupadas em lotes 40 amostras e acrescidas aos mesmos os brancos, padrões, amostras fortificadas e duplicatas. Dessa forma os resultados garantirão a qualidade do lote. A garantia da qualidade desses lotes amostrais para análise de metais e metalóides foi baseada nos seguintes itens:

Branco

É inserido em cada lote amostral para cada elemento determinado, a fim de verificar a pureza das vidrarias e ambientes em relação ao analito de interesse. É uma amostra que não contém o analito mas, é submetida ao procedimento de análise.

Padrão de checagem

É inserido no lote a cada 20 (vinte) amostras como controle, a fim de verificar se a variabilidade da resposta do sistema em relação àquela obtida no momento de construção da curva de calibração, respeitando a faixa de erro admissível.

Amostra fortificada

Deve ser inserida no lote a cada 20 (vinte) amostras para verificar a exatidão da resposta cujo resultado deverá estar entre 80% e 120% de recuperação.

Duplicatas

São frações semelhantes de uma mesma amostra analisadas nas mesmas condições (espaço, tempo, analista e instrumentos), a fim de verificar a precisão (repetitividade) do sistema.

As condições para realização das análises de metais e metalóides constam na **Tabela 12** onde são apresentadas as técnicas espectrométricas e seus respectivos limites de detecção, comprimentos de onda, largura da fenda espectral e corrente da lâmpada de cátodo (LCO).

Tabela 12 - Técnicas espectrométricas atômicas e seus respectivos limites de detecção, comprimentos de onda, largura da fenda espectral corrente da lâmpada de catodo oco (LCO) utilizadas na determinação de metais e metalóides em água.

Parâmetros	Técnica analítica	Limite de Detecção	Comprimento de onda (nm)	Largura da fenda (nm)	Corrente da LCO (mA)
Alumínio (Al)	GF AAS	4 µg/L Al	257,4	0,5	10,0
Antimônio (Sb)	GF AAS	4 µg/L Sb	217,6	0,2	10,0
Arsênio (As)	GF AAS	2 µg/L As	193,7	0,5	10,0
Bário (Ba)	GF AAS	38 µg/L Ba	350,1	0,5	20,0
Berílio (Be)	GF AAS	0,2 µg/L Be	234,9	1,0	5,0
Boro (B)	GF AAS	0,05 mg/L B	249,8	0,2	20,0
Cádmio (Cd)	GF AAS	0,06 µg/ LCD	228,8	0,5	4,0
Chumbo total	GF AAS	5 µg/L PB	283,3	0,5	10,0
Cobalto (Co)	FAAS	0,03 mg/ LCo	240,7	0,2	7,0
Cobre total	GF AAS	4,0 µg /L Cu	327,4	0,5	4,0
Cromo (Cr)	GF AAS	0,08µg/L Cr	429	0,2	7,0
Ferro total (Fe)	FAAS	8µg/L Fe	248,3	0,2	5,0
Lítio (Li)	FAAS	0,001mg/L Li	670,8	1,0	5,0
Manganês (Mn)	FAAS	20µg/L Mn	279,5	0,2	5,0
Merúrio (Hg)	CV AAS	0,05µg/L Hg	253,7	0,5R	4,0
Níquel (Ni)	FAAS	0,02mg/L Ni	232	0,2	4,0
Prata (Ag)	F AAS	0,07 µg/L Ag	328,1	0,5	4,0
Selênio (Se)	GF AAS	4 µg/L Se	196	1,0	10,0
Vanádio (V)	GF AAS	0,3µg/L V	318,5	0,2	20,0
Zinco total (Zn)	FAAS	3µg/L Zn	213,9	1,0	5,0

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As **Tabelas 13 e 14** apresentam os resultados dos parâmetros físico-químicos e de metais e metalóides para as águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes coletadas durante o período 2006 – 2007, formatados para uso nas análises estatísticas. Os dados originais dos parâmetros físico-químicos deram origem a uma matriz de 178 linhas correspondentes às amostras e 12 colunas correspondentes aos parâmetros físico-químicos, enquanto os resultados dos metais e metalóides produziram uma matriz de 64 linhas, as amostras e 14 colunas, os metais e metalóides (**Anexos A,B,C e D**). Foram removidos os resultados de As, Be, Sb, Ag, Ni e Se por apresentarem variância nula. As duas matrizes foram utilizadas no tratamento estatístico. Nas linhas destas matrizes foram colocados os pontos de coletas de acordo com a seqüência das mesmas e nas colunas, os parâmetros em estudo.

Na **Tabela 13** estão os resultados de doze parâmetros físico-químicos (cor, pH, turbidez, DBO, DQO, amônia, nitrito, nitrato, OD, sólidos totais dissolvidos, fósforo e condutividade) das águas brutas do período de 2006-2007 dos dezenove pontos de coleta desta bacia, selecionados de forma que representassem a Bacia Hidrográfica do Rio Joanes na sua totalidade. Na **Tabela 14** estão os resultados dos parâmetros metais e metalóides.

Na aplicação de uma análise multivariada qualquer não pode haver lacunas no conjunto de dados. Assim, foram removidas algumas amostras, resultando os conjuntos de dados acima citados com 106 amostras e 12 variáveis para os parâmetros físico-químicos e 64 amostras e 14 variáveis para os metais e metalóides. Foram removidos também alguns metais e metalóides cujas variância apresentaram valores nulos. Os conjuntos de dados foram separados por não fazerem parte do mesmo calendário de coletas.

Tabela 13 – Resultados dos parâmetros físico-químicos formatados utilizados nas análises estatísticas

Amostra	Amostra	Amônia mg N/L	CE µS/cm	Cor Real	DBO mg O ₂ /L	DQO mg O ₂ /L	Fósf. Total mg P/L	Nitrato mg N/L	Nitrito mg N/L	OD mg O ₂ /L	pH	STD mg/L	Turbidez NTU
RJ-01-08/03/07	J-1	0,14	81,6	23	1,0	6,2	0,053	0,21	0,005	5,14	6,61	100	10
RJ-01-01/04/07	J-2	0,17	102	17	3,69	13,1	0,029	0,5	0,005	4,08	7	100	12
RJ-01-26/10/07	J-3	0,14	91,6	38	1	12,1	0,026	3,19	0,005	4,57	6,7	100	19
RJ-02-10/02/06	J-4	0,44	47,6	38	1,52	17,7	0,172	0,01	0,005	5,92	5,9	100	23
RJ-02-08/03/07	J-5	0,11	53,2	18	2,1	13,9	0,027	0,01	0,005	4,11	5,63	100	11
RJ-02-01/04/07	J-6	0,18	51	19	4,83	27,6	0,134	0,01	0,005	3,14	6,71	100	13
RJ-02-26/10/07	J-7	0,1	67,6	15	1,2	16,5	0,046	0,26	0,005	3,99	5,67	100	5,5
RJ-03-08/03/07	J-8	0,18	79,5	42	1	10,1	0,014	1,2	0,005	7,09	6,73	100	12
RJ-03-01/04/07	J-9	0,13	102	38	2,18	14,2	0,061	0,01	0,005	5,33	6,71	100	9,5
RJ-03-26/10/07	J-10	0,34	87,2	21	1,2	10,6	0,106	0,39	0,005	5,84	7,04	100	4,7
RJ-05-01/04/07	J-11	17,3	480	27	1,89	82	0,988	0,01	0,005	1,05	7	317	25
RJ-05-26/10/07	J-12	12,7	424	25	10,6	28,2	0,091	0,19	0,005	0,88	6,84	282	26
RJ-06-10/02/06	J-13	0,1	95,5	50	2,1	23	0,192	0,01	0,015	3,43	6,73	100	25
RJ-06-08/03/07	J-14	1,6	93,4	25	2	13,6	0,06	0,055	0,037	3,59	6,49	100	12
RJ-06-07/06/07	J-15	0,15	98	18	5,41	22,4	0,16	0,48	10	7,39	7,53	100	11
RJ-06-28/06/07	J-16	1,09	97,1	42	2,85	0	0,122	0,38	0,005	5,03	6,74	100	11
RJ-06-20/07/07	J-17	0,83	93	20	4,1	18,4	0,061	0,3	0,023	5,65	6,86	100	9
RJ-06-27/07/07	J-18	0,38	97,8	17	4,6	33,2	0,109	0,45	0,025	6,37	6,98	100	18
RJ-06-08/09/07	J-19	0,31	96	20	6	28,3	0,033	0,4	0,005	8,68	9,08	100	25
RJ-06-26/10/07	J-20	0,44	198	25	11,3	40,7	0,373	0,01	0,005	5,35	7,26	100	91
RJ-06-07/11/07	J-21	0,86	96,6	8	4,2	15,7	0,079	0,37	0,005	5,16	6,66	100	14

Continuação da Tabela 13

RJ-07-10/02/06	J-22	0,49	93,5	63	1,54	19,9	0,112	0,01	0,18	3,53	6,77	100	30
RJ-07-08/03/07	J-23	3,2	95,9	19	4	19,5	0,02	0,39	0,044	4,72	6,92	100	12
RJ-07-01/04/07	J-24	0,1	181	13	7,18	24,5	0,105	0,01	0,005	0,1	8,1	109	6,1
RJ-07-26/04/07	J-25	0,1	193	19	11,7	41,3	0,208	0,01	0,005	4,28	9,49	176	71
RJ-07-30/10/07	J-26	0,16	211	31	1	38,1	0,291	5,14	0,005	11,38	9,89	201	94
RJ-08-10/02/06	J-27	0,003	100	27	1,84	17,7	0,17	0,01	0,005	4,21	6,6	100	8,5
RJ-08-01/04/07	J-28	0,11	99,6	11	3,87	10,2	0,031	0,01	0,005	7,11	7,14	100	4,3
RJ-08-26/10/07	J-29	0,003	86,2	4	1	5,8	0,029	0,01	0,005	6,32	7	100	6,6
RJ-11-10/09/06	J-30	0,003	69,5	17	1	7,1	0,101	0,01	0,005	4,36	6,4	100	51
RJ-11-19/06/07	J-31	0,07	55,7	11	1,02	6,3	0,009	0,25	0,005	4,21	5,87	100	6,3
RJ-11-12/10/07	J-32	0,003	91,2	113	2,4	24,2	0,018	0,19	0,005	2,07	6,31	100	31
RJ-12-10/09/06	J-33	0,003	73	47	1,1	9,4	0,032	0,01	0,005	6,03	6,7	100	18
RJI-02-19/06/07	J-34	0,003	70,7	34	1	29,9	0,049	0,21	0,005	5,32	6,41	100	13
RJ-12-12/10/07	J-35	0,003	76,4	80	2,1	12,1	0,009	0,29	0,005	5,35	6,16	100	18
RJ-12-01/11/07	J-36	0,13	77,3	43	4,84	8,6	0,051	0,01	0,005	5,23	7,05	100	50
RJ-13-10/09/06	J-37	0,003	115	51	1,03	14,2	0,106	0,01	0,005	4,83	6,67	68,4	19
RJ-13-19/06/07	J-38	0,003	98,1	76	1,58	31,1	0,087	0,27	0,005	4,85	6,81	100	37
RJ-03-12/10/07	J-39	0,003	66,9	535	3,5	22,6	0,009	0,01	0,005	0,1	6,03	100	70
RJI-03-01/11/07	J-40	0,16	87,9	56	2,58	15,4	0,134	0,01	0,005	2,4	6,62	100	15
RJ-14-12/10/07	J-41	0,13	88,9	30	2,8	17,1	0,009	0,22	0,005	5,53	6,37	100	26
RI-14-01/11/07	J-42	0,14	87,6	17	4,25	14,8	0,06	0,01	0,005	5,65	6,6	100	8,8
RJ-15-10/09/06	J-43	0,74	237	72	3,03	31,3	0,412	0,01	0,005	1,25	6,58	142	16
RJ-15-19/06/07	J-44	1,48	226	63	5,3	31,8	0,314	0,01	0,005	0,74	6,32	151	15

Continuação da Tabela 13

RJ-15-12/10/07	J-45	8,16	648	142	9,7	32,3	0,799	0,01	0,005	0,1	6,47	526	32
RJ-16-10/09/06	J-46	0,003	199	38	2,24	18,6	0,087	0,01	0,006	5,92	7,07	117	14
RJ-16-19/06/07	J-47	0,04	99,2	33	1,83	19	0,065	0,01	0,005	4,01	6,72	138	32
RJ-16-12/10/07	J-48	0,33	86,7	30	3	23,7	0,047	0,33	0,005	3,61	6,55	100	49
RJ-16-01/11/07	J-49	1,81	313	26	10,9	31,9	0,108	0,01	0,005	3,03	7,08	198	95
RJ-17-10/09/06	J-50	6	281	68	5,83	32,6	1	0,01	0,005	1,35	6,54	178	32
RJ-17-19/06/07	J-51	6,86	272	49	3,24	28,5	2,35	0,01	0,005	1,61	6,39	231	68
RJ-17-12/10/07	J-52	1,75	294	261	7,9	29,1	2,41	0,22	0,005	0,26	5,92	423	240
RJ-17-01/11/07	J-53	3,55	239	60	5,52	27,5	2,934	0,01	0,005	0,1	6,28	159	39
RJ-18-10/09/06	J-54	0,26	103	44	1,21	7,9	0,009	0,01	0,005	6,24	6,86	100	6,7
RJ-18-22/09/06	J-55	0,003	85,9	52	6,42	19,9	0,009	0,01	0,006	6,34	7	100	8,4
RJ-18-07/10/06	J-56	0,11	82,3	63	1,23	12,7	0,1	0,01	0,011	5,43	6,43	100	34
RJ-18-14/12/06	J-57	0,13	96,6	15	1,84	21,5	0,043	0,01	0,005	7,01	7,44	100	2,2
RJ-18-24/01/07	J-58	0,21	94,8	10	1	17	0,014	0,01	0,005	5,54	7	100	2,7
RJ-18-19/06/07	J-59	0,19	91,1	56	1,07	16,2	0,055	0,29	0,005	5,2	6,58	100	12
RJ-18-13/08/07	J-60	0,1	87,6	38	1,3	0	0,019	0,33	0,005	6,16	6,64	100	5
RJ-18-09/10/07	J-61	0,13	84,2	32	1	10,6	0,019	0,23	0,005	5,45	7,54	100	5,7
RJ-18-10/10/07	J-62	3,4	91,1	18	1	21,7	0,033	0,24	0,005	6,91	6,85	100	2
RJ-18-12/10/06	J-63	0,003	75,7	12	1,6	12	0,025	0,01	0,005	6,58	6,93	100	2,3
RJ-18-01/11/07	J-64	0,25	92,6	12	2	14,7	0,086	0,01	0,005	7,01	7,18	100	3,2
RJ-18-26/11/07	J-65	0,003	85	11	1	13,1	0,009	0,01	0,005	6,13	7,1	100	1,4
RJ-08-27/12/07	J-66	0,04	84	9	1	15,6	0,074	0,01	0,005	6,81	7,05	100	1,9
RI-11-09/11/06	I-1	0,2	167	11	1,74	13,4	0,1	0,01	0,009	5,92	7,2	100	2,5

Continuação da Tabela 13

RI-11-12/11/06	I-2	0,17	166	8	2,19	14,9	0,144	0,01	0,005	6,59	7,19	100	3,2
RI-11-19/03/07	I-4	0,003	177	6	1,9	15,6	0,082	3,91	0,005	7,4	7,38	STD	7
RI-11-31/07/07	I-5	0,11	102	9	1,6	9,5	0,039	0,5	0,005	6,32	7,15	100	4,3
RI-11-11/12/07	I-6	0,003	197	6	1,6	13,8	0,074	0,01	0,005	6,55	7,16	126	2,8
RI-12-09/11/06	I-7	0,45	187	8	1	5	0,012	0,01	0,006	5,4	6,55	100	1,2
RI-12-12/11/06	I-8	0,34	171	8	1,55	8,6	0,115	0,01	0,005	5,86	6,33	100	1,2
RI-13-09/11/06	I-09	0,77	211	10	2,01	7	0,02	0,01	0,082	5,3	7	115	3,6
RI-13-12/11/06	I-10	0,24	229	13	2,42	15,2	0,164	0,01	0,005	4,08	6,8	127	1,9
RI-13-19/03/06	I-11	0,25	219	8	2,56	18,5	0,068	0,01	0,005	1,67	6,66	123	12
RI-13-31/07/07	I-12	1,71	237	9	2,1	15,1	0,038	0,03	0,005	6,32	7,17	82,7	14
RI-13-11/12/07	I-13	0,29	294	8	1,5	18,7	0,052	0,82	0,005	3,99	6,69	188	8,2
RI-14-09/11/06	I-14	0,37	236	13	1,5	5,9	0,028	0,01	0,052	2,39	6,77	132	2,7
RI-14-12/11/06	I-15	3,31	308	16	4,13	12,1	0,527	0,01	0,062	2,3	6,59	171	3,2
RI-14-19/03/07	I-16	1,56	385	23	7,85	18,8	0,529	0,19	0,005	3,23	7	217	4,4
RI-14-31/07/07	I-17	5,25	267	26	1,6	11,3	0,555	0,91	0,084	2,21	6,74	178	4,5
RI-14-11/12/07	I-18	2,2	378	10	1,7	15	0,802	0,43	0,005	4,85	6,72	240	3,8
RI-15-12/11/06	I-19	0,18	156	10	1,56	10,2	0,088	0,01	0,005	6,64	7,42	100	1,9
RI-15-11/12/07	I-20	0,36	191	5	1,4	12,5	0,047	0,01	0,005	7,16	7,22	125	2,4
RI-16-12/11/06	I-21	0,11	155	9	1,82	14,7	0,085	0,01	0,005	6,64	7,36	100	3,2

Continuação da Tabela 13

RI-16-31/07/07	I-22	0,8	100	7	2,1	39,6	0,043	0,4	0,005	4,31	7,01	100	3
RI-17-09/11/06	I-23	0,16	155	14	1,08	7,3	0,015	0,01	0,005	6,13	7,13	100	4,4
RI-17-12/11/06	I-24	0,15	155	8	1,83	10,4	0,021	0,01	0,005	6,64	7,5	100	1,3
RI-17-19/03/07	I-25	0,47	166	7	1,83	14,6	0,016	0,18	0,005	9,07	7,3	100	4,5
RI-17-31/07/07	I-26	0,68	98,6	6	1,6	6,8	0,065	0,35	0,005	3,65	6,79	100	3,9
RI-17-11/12/07	I-27	0,33	190	4	1,1	5	0,048	0,21	0,005	6,87	7,16	124	2,5
RI-21-11/06/06	I-28	0,31	186	9	2,68	16,5	0,082	0,01	0,006	6,44	7,08	105	3,2
RI-21-02/05/06	I-29	1,16	236	11	3,32	14,4	0,097	0,01	0,007	5,86	7,15	129	15
RI-21-06/04/07	I-30	0,62	240	16	3,68	15,3	0,096	0,78	10	2,61	7,02	164	4,3
RI-21-10/05/07	I-31	0,23	244	14	1	22,2	0,109	0,46	0,005	2,09	6,81	162	6
RI-21-11/12/07	I-32	0,48	263	12	2,7	22,9	0,112	0,31	0,005	3,21	6,72	170	2,9
RI-22-11/06/06	I-33	0,27	191	9	2	17,9	0,099	0,01	0,016	8,31	7,58	104	4,4
RI-22-02/05/07	I-34	0,73	228	7	2,73	15,9	0,239	0,01	0,008	4,97	7,13	119	6,2
RI-22-06/04/07	I-35	0,45	241	14	3,28	12,1	0,095	0,9	10	5,21	6,94	161	4,6
RI-22-10/05/07	I-36	1,25	239	12	2,1	17,4	0,057	0,36	0,005	8,41	7,28	158	4,8
RI-22-11/12/07	I-37	0,33	256	11	2,4	15,7	0,09	0,05	0,005	5,35	7,22	166	3,1

Tabela 14 – Resultados das análises de metais e metalóides formatados utilizados nas análises estatísticas

Amostra	Amostra	Al	B	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Li	Pb	Ag	Hg	Mn	V	Zn
		µg/L													
RJ-01-01/12/06	J-1	16,7	0,10	38,0	0,06	0,08	4	430,3	1	5,0	0,07	0,10	65,0	0,4	6,0
RJ-04-01/12/06	J-2	53,5	1,00	53,7	0,31	4,95	4	568,6	2	5,0	0,07	0,25	122,0	4,5	38,7
RJ-05-01/12/06	J-3	13,3	0,71	60,2	0,06	1,59	4	364,4	1	5,3	0,07	0,19	285,0	1,4	3,0
RJ-05-26/10/07	J-4	72,5	0,31	38,0	0,27	1,17	4	172,4	1	17,1	0,07	0,13	893,0	1,6	7,85
RJ-06-01/12/06	J-5	14,0	0,05	38,0	0,06	0,7	4	61,45	1	5,0	0,07	0,30	40,7	6,8	3,0
RJ-06-02/06/07	J-6	246,0	0,05	38,9	0,08	4,46	4	205,1	1	5,0	0,09	0,15	96,4	5,7	3,0
RJ-07-02/06/06	J-7	195,0	0,08	38,0	0,06	0,74	4	56,83	1	21,8	0,07	0,05	54,3	3,0	3,0
RJ-07-26/10/07	J-8	54,1	0,09	96,0	0,13	2,25	4	189,20	2	135,0	0,09	0,14	107,0	1,1	4,1
RJ-08-01/12/06	J-9	12,5	0,05	38,0	0,06	0,74	4	56,83	1	21,8	0,07	0,05	22,1	0,3	6,4
RJ-08-02/06/06	J-10	38,8	0,08	38,0	0,06	0,25	4	56,51	2	5,0	0,07	0,12	701,0	1,1	9,3
RJ-11-01/12/06	J-11	119	0,05	78,7	0,08	1,02	4	443,7	1	5,0	0,07	0,08	56,7	0,3	6,2
RJ-12-30/05/06	J-12	239	0,05	73,2	0,06	5,89	4	262,3	2	0,3	0,07	0,05	20,0	0,6	3,0
RJ-12-01/12/06	J-13	25	0,29	38,0	0,08	0,08	4	1182	1	7,2	0,07	0,28	122,0	0,3	24
RJ-12-19/06/07	J-14	15	0,06	38,0	0,06	0,08	8	159,0	1	0,3	0,07	0,05	67,7	0,8	3,0
RJ-12-10/12/07	J-15	30	0,17	38,0	0,11	2,76	4	409,3	1	23,5	0,30	0,13	371,0	0,4	3,0
RJ-13-30/05/06	J-16	104,0	0,05	45,8	0,06	2,12	1000	128,7	3	13,0	0,07	0,33	49,6	2,6	19,2
RJ-13-01/12/06	J-17	248,0	0,27	8	0,06	1,64	4	1708,0	1	0,3	0,22	0,09	142,0	0,3	29,9
RJ-15-01/12/06	J-18	30,6	0,28	38,2	0,06	0,08	4	2761,0	1	11,2	0,07	0,16	262,0	6,1	6,90
RJ-15-19/06/07	J-19	151,0	0,05	38,0	0,06	0,17	6000	2458,0	3	0,3	0,07	0,10	346,0	4,7	33,1
RJ-15-10/12/07	J-20	43,5	0,05	38,0	0,44	2,23	4	1648,0	1	215,0	0,07	0,05	194,0	0,3	3,0
RJ-16-30/05/06	J-21	161,0	0,37	43,5	0,11	1,26	4	411,2	3	0,3	0,07	0,17	366,0	1,9	27,2
RJ-16-01/12/06	J-22	90,0	0,17	67,8	0,06	2,21	4	396,8	1	21,5	0,07	0,35	516,0	4,2	11,1
RJ-16-19/06/06	J-23	31,0	0,05	38,0	0,06	1,09	7000	161,4	4	8,5	0,07	0,18	401,0	5,8	3,0
RJ-16-10/12/07	J-24	35,7	0,05	38,0	0,10	2,89	4	194,2	1	0,3	0,80	0,17	557,0	13	41,1
RJ-17-30/05/06	J-25	365	0,48	38,0	0,11	1,50	2000	134,5	4	11,5	0,07	0,05	284,0	1,8	3,0
RJ-17-19/06/06	J-26	73,5	0,09	43,9	0,13	0,08	8000	224,2	4	5,0	0,07	0,20	27,4	0,5	39,8
RJ-17-10/12/06	J-27	92,1	0,08	38,0	0,85	15,10	2670	233,7	5	92,4	0,07	0,21	131,0	0,7	3,0
RJ-18-19/06/07	J-28	375	0,05	38,0	0,12	0,33	4	227,1	1	11,0	0,07	0,37	20,0	1,3	36,7
RJ-18-10/09/07	J-29	311	0,07	99,0	0,06	0,37	8000	498,8	3	0,3	0,07	0,17	20,0	0,3	4,8

Continuação da Tabela 14

RI-11-08/05/06	I-1	50,3	0,05	65,2	0,76	0,08	4	325,2	1	0,3	0,07	0,05	74,8	0,3	3,0
RI-11-11/12/06	I-2	35,8	0,49	44,2	0,16	0,08	4	76,5	4	6,6	0,07	0,05	37,1	0,3	8,10
RI-11-09/04/07	I-3	22,7	1,14	38,0	0,19	0,61	4	82,7	1	5,0	0,07	0,09	63,0	0,3	6,50
RI-11-12/11/07	I-4	81,0	0,23	38,0	0,07	1,62	4	77,7	4	7,1	0,17	0,05	22,5	0,3	3,0
RI-12-08/05/06	I-5	25,1	0,05	38,0	0,06	0,58	4	127,4	1	0,3	0,07	0,13	38,7	0,3	3,0
RI-12-11/12/06	I-6	14,0	0,50	38,0	0,32	0,08	4	151,7	4	8,1	0,07	0,05	47,2	0,3	7,4
RI-12-09/04/76	I-7	21,9	0,05	38,0	0,08	0,18	4	104,4	1	0,3	0,07	0,15	79,4	0,3	7,3
RI-12-12/11/07	I-8	61,9	0,30	143	0,09	0,30	4	149,3	5	5,9	0,07	0,16	78,8	0,3	3,0
RI-13-08/05/06	I-9	40,2	0,05	38,0	0,45	1,37	4	142,8	1	90,9	0,07	0,05	76,3	0,3	49,9
RI-13-11/12/06	I-10	32,8	0,36	38,0	0,06	0,08	4	130,7	2	8,2	0,07	0,05	110,0	0,3	11,4
RI-13-09/04/07	I-11	6,8	0,38	38,0	0,08	0,23	4	80,5	1	0,3	0,02	0,16	193,0	0,3	9,5
RI-13-12/11/07	I-12	9,6	0,31	38,0	0,41	0,08	4	191,3	4	5,9	0,07	0,05	85,7	0,3	3,0
RI-14-08/05/06	I-14	30,8	0,05	38,0	0,06	0,50	4	255,7	1	10,8	0,07	0,13	38,2	0,3	11,3
RI-14-11/12/06	I-15	46,0	0,93	98,4	0,08	0,11	4	120,2	3	0,3	0,07	0,05	90,3	0,3	21,3
RI-14-09/04/07	I-16	25,9	0,31	38,0	0,06	0,31	4	114,3	1	5,0	0,13	0,05	85,9	0,3	34,2
RI-14-12/11/07	I-17	77,2	0,22	38,0	0,06	0,61	4	242,9	5	634,0	0,07	0,10	58,1	1,5	3,0
RI-15-08/05/06	I-18	26,2	0,05	38,0	0,06	0,08	4	80,2	1	0,3	0,07	0,05	20,0	0,3	15,7
RI-15-11/12/06	I-19	36,5	1,00	59,3	0,22	0,08	4	25,7	2	22,2	0,07	0,05	111,0	0,3	9,90
RI-15-09/04/07	I-20	24,9	0,38	38,0	0,06	0,67	2000	21,1	1	0,3	0,07	0,11	22,8	0,3	13,6
RI-15-12/11/07	I-21	25,7	0,30	81,2	0,06	1,19	4	38,3	7	93,1	0,07	0,05	20,0	1,6	3,0
RI-16-08/05/06	I-22	36,9	0,05	38,0	0,16	2,68	4	61,7	1	0,3	0,07	0,18	23,9	0,3	10,9
RI-16-11/12/06	I-23	45,2	0,15	48,8	0,06	0,08	4	19,8	4	8,8	0,07	0,05	33,4	5,5	9,70
RI-16-09/04/07	I-24	19,7	0,34	38,0	0,06	0,22	4	23,8	1	0,3	0,07	0,16	20,0	1,8	12,9
RI-17-08/05/06	I-25	130,0	0,49	38,0	0,78	0,37	4	99,7	1	0,3	0,07	0,05	20,0	0,3	3,0
RI-17-11/12/06	I-26	65,8	1,04	39,6	0,73	0,08	4	34,7	4	15,5	0,07	0,23	20,0	1,0	9,4
RI-17-09/04/07	I-27	32,6	0,50	38,0	0,06	0,20	4	31,1	2	0,3	0,07	0,11	20,0	0,5	10,5
RI-17-12/11/07	I-28	7,8	0,22	38,0	0,06	1,13	4	16,0	6	0,3	0,07	0,05	20,0	0,3	3,0
RI-21-19/06/06	I-29	29,8	0,19	38,0	0,09	0,63	4	150,9	5	0,3	0,07	0,14	57,4	0,7	21,6
RI-21-06/11/06	I-30	58,0	0,05	116	0,06	0,08	4	22,5	1	0,3	0,07	0,20	20,0	0,3	44,8
RI-21-05/10/07	I-31	13,5	0,05	220	0,13	1,05	4	173,4	3	9,5	0,07	0,05	54,3	0,8	3,0
RI-21-10/01/08	I-32	9,8	0,07	116	0,06	1,32	4	93,9	1	0,3	0,07	0,15	74,8	0,3	3,0

Continuação da Tabela 14

RI-22-19/06/06	I-33	130,0	0,05	38,0	0,74	1,05	4	203,1	5	0,3	0,07	0,05	69,1	0,7	17,7
RI-22-05/10/07	I-34	46,0	0,31	52,6	0,12	0,33	4	119,2	2	0,3	0,07	0,11	33,0	0,3	4,9
RI-22-10/10/07	I-35	10,5	0,31	64,6	0,07	1,94	4	45,8	1	0,3	0,43	0,05	22,3	0,3	3,0

Os dados das variáveis físico-químicas e dos metais e metalóides utilizados nas análises estatísticas, tais como média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão dos dezenove pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes encontram-se nas **Tabelas 15 e 16**.

Pela **Tabela 15** pode-se observar que a maioria dos parâmetros físico-químicos violou a Resolução CONAMA 357/05, sendo o caso mais crítico o do fósforo que apresentou média (0,195 mg P/L), mediana (0,074 mg P/L) e valor máximo (2,934 mg P/L) todos acima dos limites permitidos pela referida Legislação que é de 0,030 mgP/L para ambientes lênticos.

Na **Tabela 16** também pode ser observado que houve desobediência a esta Resolução, ficando os casos mais críticos para o manganês e chumbo onde essa violação atingiu um percentual de 31% e 28%, respectivamente das amostras analisadas.

Tabela 15 – Estatística descritiva das variáveis físico-químicas estudadas dos dezenove pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes durante o período de 2006 a 2007.

Parâmetro/ Unidade	Nº de amostras	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio Padrão	Limite de confiança em relação à média - 95 %	Limite de confiança em relação à média +95%	CONAMA 357/05 Água doce - Classe 2	Resultados fora da Legislação CONAMA 357/05 (%)
AMÔNIA (mg/LNH ₃ -N)	106,000	0,003	17,300	0,220	0,988	2,417	0,523	1,454	pH ≤ 7,5 – 3,7 mg N/L	-
									7,5 < pH ≤ 8,0 – 2,0 mg N/L	
									8,0 < pH ≤ 8,5 - 2,0 mg N/L	
									pH > 8,5 – 0,5 mg N/L	
CE (µS/cm)	106	47,600	648,000	102,500	161,646	99,773	142,431	180,861	N/L	-
COR REAL (mg Pt/L)	106	4,000	535,000	17,000	32,726	59,043	21,355	44,097	75	5,66
DBO (mg/L O ₂)	106	1,000	11,700	2,000	2,872	2,372	2,415	3,329	<5,0	12,26
DQO (mg/L O ₂)	106	0,000	82,000	15,600	17,937	10,681	15,880	19,994	N/L	-
FÓSFORO TOTAL (mg/L-P)	106	0,009	2,934	0,074	0,195	0,449	0,109	0,282	0,030	73,58
NITRATO(mg/L-NO ₃ -N)	106	0,010	5,140	0,010	0,311	0,789	0,159	0,463	10	0
NITRITO (mg/L-NO ₂ -N)	106	0,005	10,000	0,005	0,293	1,665	-0,027	0,614	1,0	2,83
OD (mg/L O ₂)	106	0,100	11,380	5,325	4,888	2,160	4,472	5,304	≥ 5,0	41,51
pH	106	5,630	9,890	6,855	6,903	0,617	6,784	7,021	6,0-9,0	8,49
STD (mg/L)	106	68,400	526,000	100,000	128,272	64,288	115,891	140,653	500	0,94
TURBIDEZ (NTU)	106	1,200	240,000	8,450	17,972	29,478	12,295	23,649	100	0,94

Tabela 16 - Estatística descritiva dos metais e metalóides estudados dos dezenove pontos amostrais da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes durante o período de 2006 a 2007.

Parâmetros	Nº de Amostras	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio Padrão	Limite de confiança - 95 %	Limite de confiança +95%	CONAMA 357/05 Água doce - Classe 2 µg/L	Resultados fora da Legislação CONAMA 357/05 (%)
Al	64	6,77	375,00	36,70	72,21	84,78	51,03	93,38	100	20,31
B	64	0,05	1,14	0,16	0,25	0,28	0,19	0,32	500	0
Ba	64	8,00	220,00	38,00	52,71	31,88	44,75	60,67	700	0
Cd	64	0,06	0,85	0,08	0,17	0,21	0,12	0,22	1,0	0
Cr	64	0,08	15,10	0,61	1,22	2,14	0,68	1,75	50	0
Cu	64	4,00	8000,00	4,00	576,53	1816,40	122,81	1030,26	9	14,06
Fe	64	8,00	2761,00	146,05	303,84	525,74	172,51	435,16	300	21,88
Li	64	1,00	7,00	1,00	2,00	2,00	1,84	2,63	2500	0
Pb	64	0,30	634,00	5,00	24,93	85,13	3,66	46,19	10	28,13
Ag	64	0,02	0,80	0,07	0,10	0,11	0,07	0,12	10	0
Hg	64	0,05	0,37	0,11	0,13	0,08	0,11	0,15	0,2	12,5
Mn	64	20,00	893,00	65,00	129,86	174,10	86,01	173,70	100	31,25
V	64	0,30	13,00	0,35	1,46	2,25	0,90	2,03	100	0
Zn	64	3,00	49,90	7,10	12,08	12,44	8,97	15,18	180	0

5.1 – Análise de componente principal

A análise de componentes principais foi utilizada neste estudo por ser uma técnica de redução de dimensionalidade que permite projetar o máximo de informação no menor número possível de dimensões não correlacionadas. Na primeira etapa da análise, os dados foram formatados de forma a se adequarem ao exigido pelos programas computacionais empregados na análise estatística, no caso o Programa STATISTICA 6.0.

5.1.1 – Parâmetros físico-químicos

No processamento dos resultados três componentes principais (PC1, PC2 e PC3) foram selecionadas e explicaram 62,47% da variabilidade de toda a informação original. Estas componentes podem ser utilizadas para verificar semelhanças ou diferenças dentro do conjunto amostral avaliado.

As percentagens total e acumulada de cada PC podem ser vistas na **Tabela 17**. A primeira componente principal, PC1, explica 35,73 % dos dados físico-químicos enquanto a PC2 e PC3 explicam, respectivamente 15,13 % e 11,61%.

Tabela 17 - Variância total e acumulada para as variáveis físico-químicas das três primeiras componentes principais selecionadas

PC	Variância Total (%)	Variância Total Acumulada (%)
1	35,73	35,73
2	15,13	50,86
3	11,61	62,47

PC – componente principal, do inglês Principal Component.

Os valores de pesos das variáveis para as três primeiras componentes principais, conforme análise físico-química, são apresentados na **Tabela 18**. Vê-se que as variáveis que mais comprometem a qualidade das águas da BHRJ são aquelas que apresentaram os maiores valores de pesos, que são: Amônia, CE, DBO, DQO, fósforo total, OD, STD, nitrato, pH e cor. Dentre elas a mais significativa é o STD com peso igual a 0,87.

Tabela 18 – Valores de peso das variáveis para as três primeiras componentes principais, conforme análise físico-química do período de 2006 a 2007

VARIÁVEIS	PC 1	PC2	PC3
Amônia	<u>-0,73</u>	0,15	0,44
CE	<u>-0,75</u>	0,33	0,38
Cor real	-0,41	-0,49	<u>-0,55</u>
DBO	<u>-0,65</u>	0,19	-0,16
DQO	<u>-0,67</u>	0,30	-0,08
Fósforo total	<u>-0,72</u>	-0,11	-0,09
Nitrato	0,10	<u>0,57</u>	-0,39
Nitrito	0,01	0,22	0,04
OD	<u>0,70</u>	0,47	-0,15
pH	0,14	<u>0,83</u>	-0,22
STD	<u>-0,87</u>	0,16	0,11
Turbidez	<u>-0,61</u>	-0,07	<u>-0,69</u>

A **Figura 14** mostra a representação gráfica (gráfico de peso) do conjunto de amostras da BHRJ, conforme a análise físico-química. Sendo 12 o número de variáveis, cada amostra pode ser imaginada, em termos geométricos, como um ponto localizado num sistema de 12 dimensões. A PCA visa projetar o máximo da informação contida neste espaço multidimensional num espaço de mínima dimensão, permitindo assim por observação dos gráficos produzidos na análise, detectar padrões de associação entre amostras ou variáveis. Neste caso, o máximo da informação original foi projetado para um espaço de 03 dimensões.

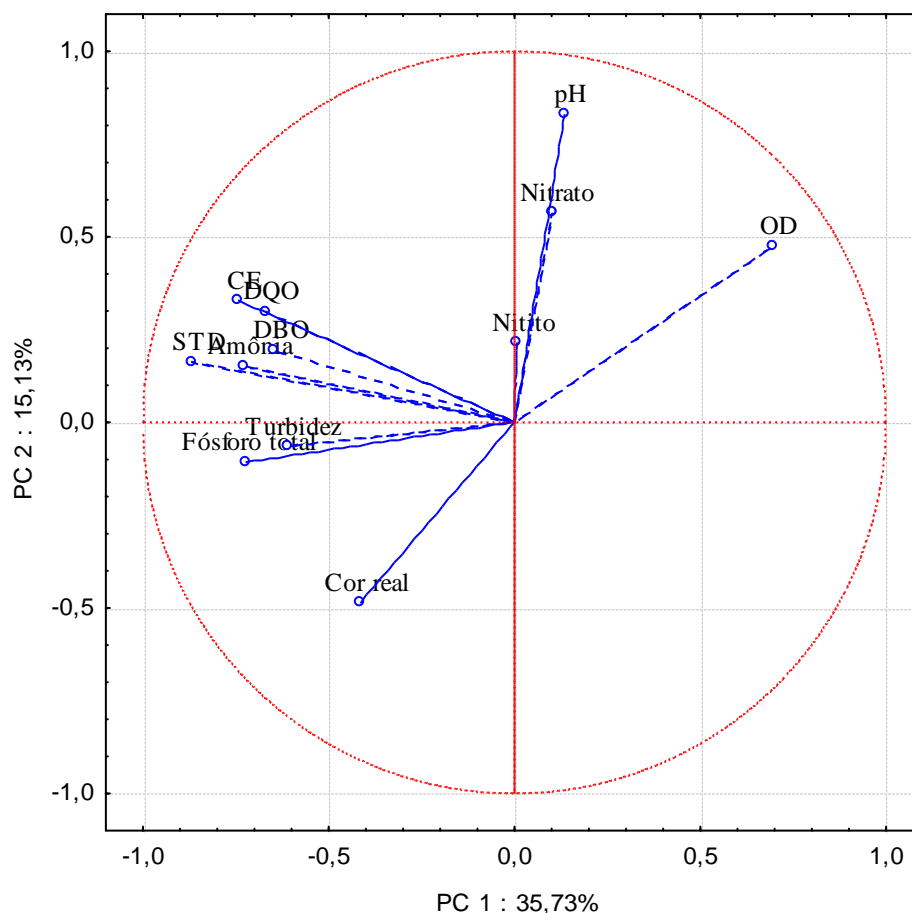


Figura 14 - Gráfico de peso para PC1 versus PC2 das amostras conforme resultados dos parâmetros físico-químicos

Na **Figura 14**, as duas primeiras componentes principais PC1(35,73%) e PC2 (15,13%) juntas representam 50,86% de toda a informação. A primeira componente principal, PC1 mostra a influência dos parâmetros turbidez, fósforo, DBO, DQO, sólidos totais, condutividade elétrica e amônia com pesos negativos e OD com peso positivo. A posição das variáveis em quadrantes opostos significa que as mesmas estão anticorrelacionadas, daí os sinais contrários. A segunda componente principal PC2, mostra as influências positivas da amônia, CE, DBO, DQO, nitrato, nitrito, OD, pH e STD e as influências negativas da cor, fósforo e turbidez. Numa análise rápida destas componentes pode-se dizer que, em relação à PC1, as amostras mais à esquerda possuem valores mais altos dos parâmetros com pesos negativos e vice-versa. Com relação à PC2 pode-se dizer que as amostras mais acima possuem valores mais baixos dos parâmetros com pesos negativos e vice-versa.

Na **Figura 15**, onde se vê a representação gráfica dos escores para PC1 versus PC2, observa-se uma grande concentração de amostras evidenciando um comportamento seme-

lhante entre elas e algumas amostras mais isoladas, significando que algum fator provocou o comportamento atípico de algumas delas.

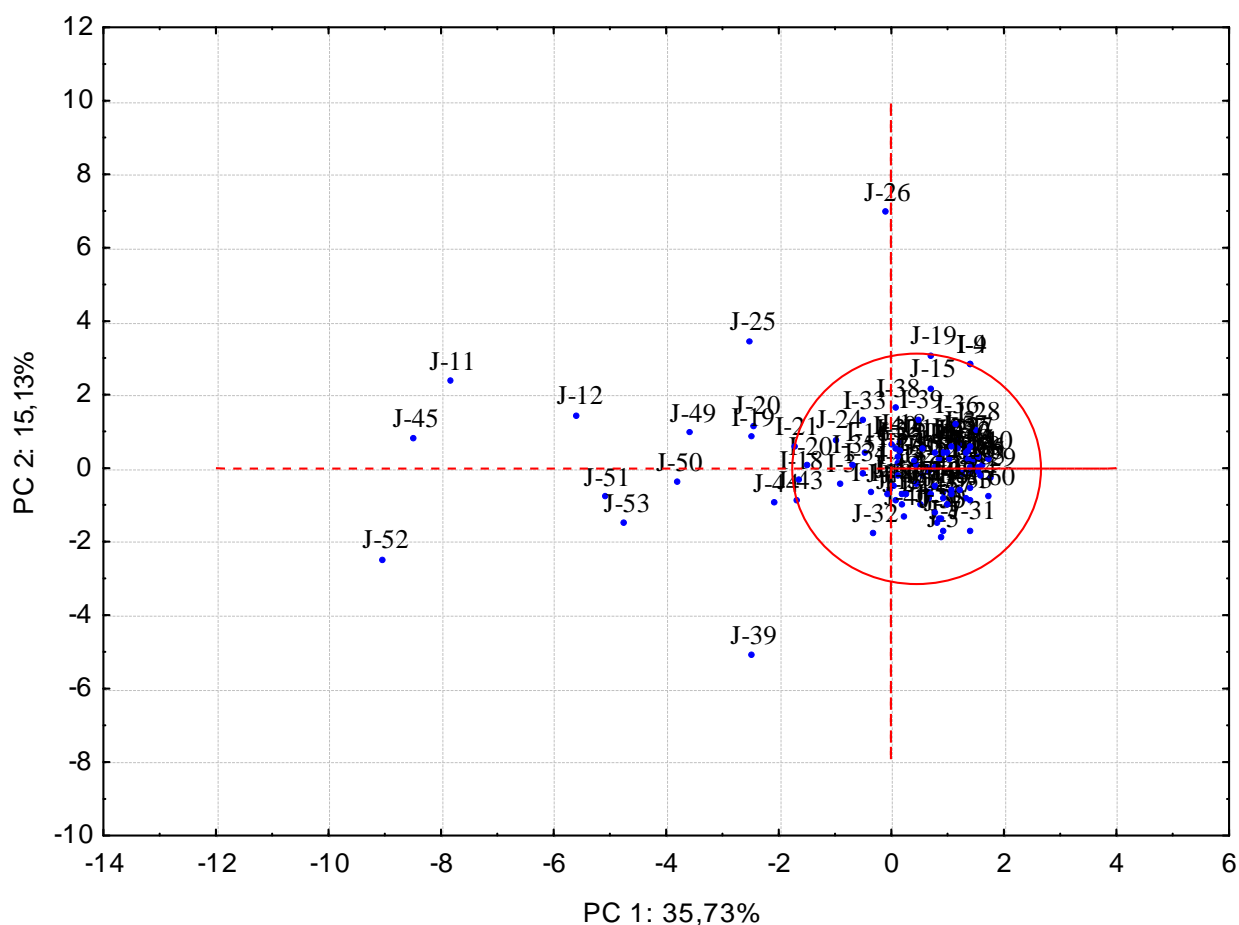


Figura 15 - Gráfico de escores para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos

Esse comportamento diferenciado foi encontrado com maior frequência entre as amostras do ano de 2007, conforme **Tabela 13**. De acordo com a **Figura 15** as amostras J-21, J-49, J-50, J-25, J-12, J-51, J-53, J-50, J-11, J-45 e J-52 apresentaram não conformidades com relação a alguns parâmetros aqui estudados. Todas elas são representadas principalmente pela PC1 pois encontram-se à esquerda desta componente e são influenciadas pelos parâmetros turbidez, fósforo, DBO, DQO, sólidos totais, condutividade elétrica e amônia (valores altos) e OD (valores baixos). As amostras J-26 e J-39 são representadas pela PC2 e são influenciadas principalmente, pelos parâmetros nitrato e pH sendo este último com muito mais intensidade, conforme mostra a **Figura 14**. Todas as amostras supracitadas excederam os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

A terceira componente principal PC3, que representa 11,61% de toda a informação original, mostra, na **Figura 16** (gráfico dos pesos para a PC1 versus PC3), as influências positivas dos parâmetros STD, CE, nitrito e amônia e as influências negativas dos parâmetros cor, DBO, DQO, fósforo total, nitrato, OD, pH e turbidez. As maiores influências são exercidas pelos parâmetros cor e turbidez.

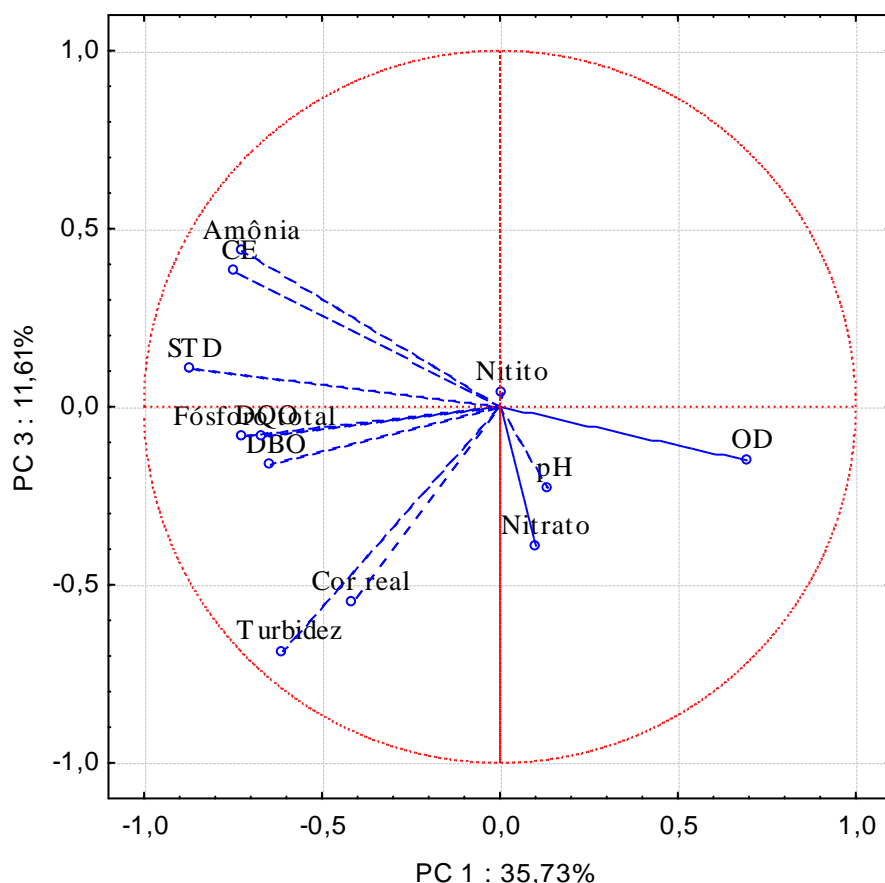


Figura 16 - Gráfico de peso para PC1 versus PC3 das amostras conforme resultados dos parâmetros físico-químicos

Analisando a **Figura 17**, que mostra o gráfico dos escores para a primeira e terceira componentes principais, PC1 e PC3, respectivamente, vê-se que, pela PC3, as amostras J-26, J-39 e J-52 são influenciadas negativamente pelos parâmetros cor real e turbidez. De acordo com a posição dos pontos que as representam nesta figura, as referidas amostras possuem valores mais altos de cor e de turbidez em relação as demais amostras.

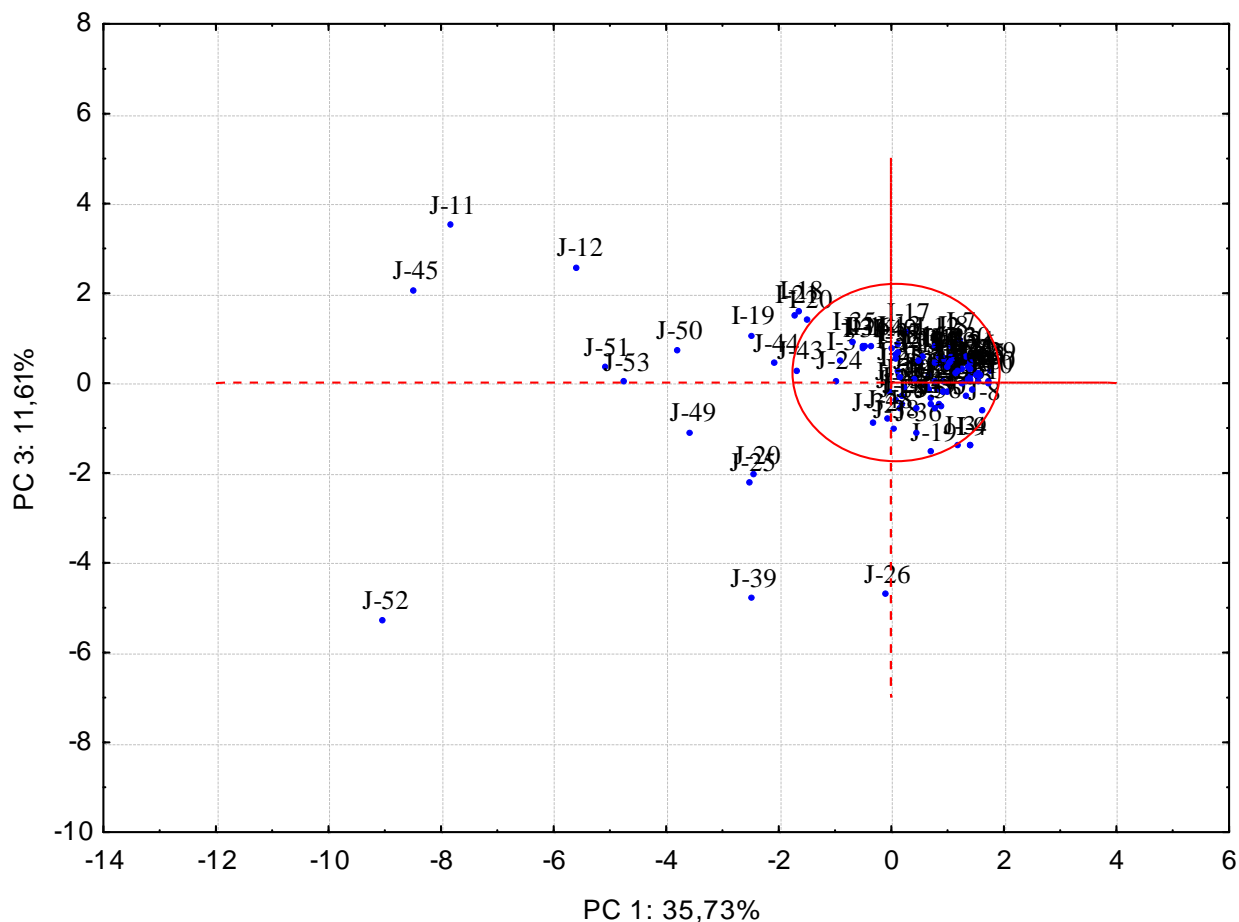


Figura 17 - Gráfico de escores para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos

Amostras com valores acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para os parâmetros Amônia, CE, DBO, DQO, fósforo total, OD, STD, nitrato, pH e cor foram também encontradas pelo IMA(CRA) [83] e pelo INGA [104,105]. Esta última instituição vem divulgando resultados da qualidade das água das bacias hidrográficas do Estado da Bahia através do Programa Monitora que realiza Campanhas desde 2008, em geral 4 campanhas anuais.

Com relação aos resultados dos parâmetros físico-químicos pode-se tirar as seguintes conclusões:

Amônia -Teor elevado de amônia encontrado em algumas amostras de água da BHRJ pode indicar que a mesma é pobre em oxigênio e que o ambiente tem muita matéria em decomposição. O limite deste parâmetro na água é função do pH, sendo 3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$; 2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; 1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$; 0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$. Nesta pesquisa os teores de amônia em alguns momentos, atingiram valores muito ele-

vados , chegando até ao valor de 17,3 mg/L N. A concentração máxima de amônia permitido pela legislação do CONAMA 357/05 é de 3,7 mg/L para valores de pH menores do que 7,5. Este parâmetro foi selecionado pela PC1, apresentando o segundo maior peso, conforme **Tabela 19**.

Condutividade elétrica (CE) - A condutividade elétrica não é um parâmetro controlado pela Resolução CONAMA 357/05, entretanto, valores elevados, encontrados em ambiente lânticos (lagos e represas) é um indicativo indireto da degradação do manancial. Este parâmetro também é responsável pela qualidade da água da bacia em estudo pois foi selecionado pela PC1. Para este parâmetro foram encontrados valores médio e máximo iguais a 175,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 748 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, conforme **Tabela 16**.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - Através da DBO pode-se ter uma idéia da concentração da matéria orgânica biodegradável presente no meio aquático. Neste trabalho a DBO apresentou valor máximo de 33,80 mgO_2/L , concordando com o IMA que em 2001 encontrou resultados altos de DBO (47 mgO_2/L). A DBO foi selecionada pela PC1 como um dos principais parâmetros responsáveis pela qualidade da água da bacia do Joanes.

Demanda Química de Oxigênio (DQO) - A DQO também permite estima a concentração da matéria orgânica biodegradável e não biodegradável de um corpo aquático. O aumento da DQO num corpo d'água se deve , principalmente a despejos de origem industrial. A DQO teve papel importante na qualidade das águas da BHRJ no período de 2006 – 2007 pois foi selecionada na primeira componente, PC1. Embora não seja um parâmetro legislado, seu aumento pode indicar contaminação por efluente de origem. A relação DBO/DQO esteve, na maioria das vezes entre 10% a 230% (**Figura 18**) indicando que a presença de matéria orgânica biodegradável estava também nesta faixa.

Nitrato - Apesar de ser selecionado pela PC2, o nitrato apresentou os valores dentro dos limites da legislação. O maior valor encontrado foi 5,14 $\text{mg}/\text{L N}$. Concentrações de nitrato acima de 5,0 mg/LN demonstra condições sanitárias inadequadas uma vez que a principal fonte de nitrato são dejetos de homem e de animais. O limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 é de 10,0 $\text{mg}/\text{L N}$.

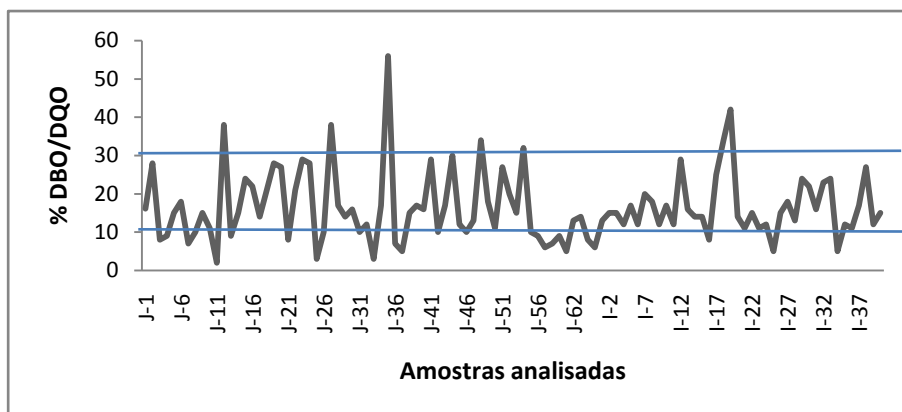


Figura 18 – Gráfico da relação percentual DBO/DQO - Degradabilidade da matéria orgânica

pH - O pH, por definir o caráter ácido, neutro ou básico da água, é um parâmetro muito importante uma vez que os organismos aquáticos estão adaptados às condições de neutralidade. A concentração de íons H^+ e OH^- é fortemente influenciada por sais, ácidos e bases presentes no meio. O tipo de solo que a água percorre e também o tipo de poluição química da água, além da qualidade do ambiente, também influenciam a concentração desses íons e alteram os valores de pH. Variações bruscas do pH da água podem causar danos irreversíveis aos seres nela presentes. O pH foi selecionado pela PC2 como um dos parâmetros responsáveis pela qualidade das águas da bacia em estudo. Foram observados valores de pH fora da faixa de 6,0 – 9,0, estabelecida pela Legislação CONAMA 357/05. Valores elevados de pH em sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral pois, neste caso há aumento da fotossíntese a qual reduz o consumo de gás carbônico aumentando consequentemente o valor do pH. Valores baixos de pH podem estar ligados à qualidade do solo e também à vegetação existente que, por decomposição da matéria orgânica, pode diminuir o pH da água pela liberação de gás carbônico e pela formação do ácido carbônico a partir dele além da produção de ácidos húmicos e fúlvicos resultante da decomposição da matéria orgânica disponível. Valores de pH fora da faixa também foram registrado pelo INGA nas suas campanhas em 2008 e 2009. Valores muito alto e muito baixo de pH geralmente estão associados a despejos industriais.

Cor - A relação entre a cor acentuada e o risco sanitário nas águas coradas é pouco frequente. O maior problema da coloração na água em geral, é o estético uma vez que causa um efeito repulsivo aos consumidores. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece um limite de 75 mgPt/L para as águas doces da classe 2 destinadas ao consumo humano. No período

do estudado este parâmetro foi ultrapassado poucas vezes apresentando valores médio e máximo de 32,2 mg Pt/L e 535 mg Pt/L, respectivamente. A cor foi selecionada pela PC3 como um dos parâmetros responsáveis pela qualidade das águas na BHRJ no anos de 2006 e 2007.

Turbidez - A Resolução CONAMA estabelece, para as águas doces da classe 2 um valor limite igual ou inferior a 100 NTU para este parâmetro. A turbidez foi selecionada pela PC1 e PC3 como parâmetro importante na qualidade das águas da bacia em estudo.

Sólidos totais dissolvidos (STD) - Quase todos os resultados encontrados para os sólidos totais dissolvidos estiveram conforme recomenda a Resolução CONAMA 357/05. Os valores médio e máximo encontrados foram 129,3 mg/L e 526 mg/L, ambos menores do que o limite máximo de confiança, conforme mostra a **Tabela 15**. Embora o IMA em 2001 tenha encontrado valores muito altos de STD (5880 mg/L), neste trabalho o valor máximo foi de 526mg/L, já anteriormente citado, entretanto, na determinação deste parâmetro variações nos resultados foram encontradas de forma que o mesmo foi considerado pela PC1 como o parâmetro de maior peso ou seja com resultados mais atípicos, embora estes resultados não tenham violado a Resolução CONAMA 357/05.

Oxigênio Dissolvido (OD) - O oxigênio dissolvido é o parâmetro mais importante para a caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos. Os níveis de oxigênio dissolvido indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática. A manutenção dos processos naturais de autodepuração em sistemas aquáticos e estações de esgoto depende essencialmente de uma quantidade adequada de oxigênio dissolvido nesses meios. Pela Resolução CONAMA 357/05 o valor estabelecido para o oxigênio dissolvido para as águas doces da classe 2 é superior a 5 mg O₂/L. O valor médio de oxigênio dissolvido encontrados nesta pesquisa (**Tabela 15**), foi de 5,06mg O₂/L. Entretanto, apresentou valores abaixo do limite mínimo estabelecido pelo CONAMA 357/05 em mais de 40% das amostras analisadas. Este parâmetro foi também selecionado pela PC1 como um dos principais responsáveis pela qualidade das águas do Joanes no período estudado. Resultados baixos de OD foram encontrados pelo INGA durante as campanhas realizadas em 2008 e 2009. Dos treze pontos analisados na Campanha de 2008, apenas três estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Legislação CONAMA 357/05. Valores muito baixos de OD foram encontrados ainda em 2009 na segunda Campanha do INGA, onde de treze pontos analisados,

onze estavam não conformes. A diminuição da concentração de oxigênio, em meio aquático é consequência de processos tais como: perdas para a atmosfera, respiração dos organismos, mineralização da matéria orgânica e oxidação de íons [7]. Foram encontrados também, valores de OD acima dos valores de saturação. É interessante observar que, por meio da atividade de fotossíntese, podem ser obtidas temporariamente, concentrações de oxigênio superiores ao valor de saturação[7]. O aumento da concentração de oxigênio, em meio aquático ocorre, fundamentalmente, por meio de dois fenômenos: aeração atmosférica e atividade fotossintética das plantas aquáticas. Em rios a fonte principal de oxigênio é a atmosfera, devido a existência de turbulência em suas águas, no caso de lagos há a dominância da fotossíntese, em decorrência do maior crescimento de microalgas e plantas aquáticas.

Fósforo total - O fósforo foi o parâmetro mais crítico desta pesquisa. Apresentou média (0,22 mgP/L), mediana (0,07 mgP/L) e valor máximo (3,38 mgP/L) todos acima dos limites permitidos pela legislação (**Tabela 15**). Em águas naturais que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo total varia de 0,005 mg/L a 0,020 mg/L. No monitoramento realizado pelo IMA em 2000 e 2001 foram encontrados altos valores de fósforo (valor máximo de 4,97 mg P/L). GONÇALVES [106] também encontrou altos valores de fósforo nas águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boêmia – Agudo, Rio Grande do Sul. O autor relacionou esses altos valores à alta disponibilidade desse elemento no solo, resultante do seu extenso uso como fertilizante. O fósforo é um dos principais nutrientes estimulantes do processo de eutrofização dos corpos d'água. A Resolução CONAMA estabelece o limite de 0,025 mg/L para este parâmetro logo, estas condições caracterizam um ambiente aquático eutrofizado. A presença de compostos nitrogenados e fosfatados associados a altas temperaturas dos corpos aquáticos, são condições favoráveis ao processo de eutrofização dos ambientes aquáticos provocando mudanças na qualidade da água dentre elas a redução do oxigênio dissolvido e da biodiversidade, a morte excessiva de peixes e o aumento da incidência de florações de algas e cianobactérias. Em mananciais da abastecimento público este microorganismos (cianobactérias) podem produzir e liberar para o meio líquido toxinas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água como por contato em atividades de recreação no ambiente, ou ainda pelo consumo de pescado contaminado, embora a principal via de intoxicação seja pelo consumo oral da água sem um tratamento adequado para remoção dessas toxinas.

5.1.2 – Metais e metalóides

Do processamento dos resultados foram selecionadas seis componentes principais que juntas, explicaram 63,38% da variabilidade dos dados originais. Foram recusados deste processamento os elementos As, Be, Sb, Ag, Ni e Se por apresentarem variâncias nula em seus resultados.

A **Tabela 19** apresenta as variâncias total e acumulada das amostras conforme a análise de metais e metalóides.

Tabela 19 - Variâncias total e acumulada das amostras conforme análise de metais e metalóides das seis primeiras componentes principais selecionadas

PC	% Variância total	% Variância total acumulada
1	17,14	17,14
2	11,82	28,96
3	10,13	39,09
4	8,84	47,92
5	8,09	56,01
6	7,37	63,38

A **Tabela 20**, que mostra os valores de peso das variáveis para as seis primeiras componentes principais, destaca a Ag, Hg, Mn, V, Al, Cr, Cu, Li, Cd, B e Fe como variáveis mais significativas para a definição da qualidade da água. Observa-se que os valores de pesos das variáveis nas diversas PCs pouco variaram ficando entre os valores (em módulo) de 0,52 a 0,59 com exceção do vanádio cujo peso foi de 0,76.

Tabela 20 – Valores de peso das variáveis para as seis primeiras componentes principais conforme análise de metais e metalóides do período de 2006 a 2007

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
Al	-0,28	0,52	0,29	-0,17	-0,03	-0,22
B	0,27	-0,17	-0,25	-0,52	-0,07	0,54
Ba	0,27	0,01	0,27	0,46	-0,47	0,05
Cd	0,22	0,41	-0,54	-0,43	-0,08	-0,07
Cr	-0,19	0,55	-0,51	0,04	-0,31	-0,33
Cu	-0,28	0,56	0,45	0,05	0,01	0,31
Fe	-0,44	0,14	0,17	-0,17	0,59	-0,05
Li	0,31	0,59	-0,08	0,24	-0,04	0,58
Pb	0,14	0,32	-0,26	0,33	0,49	-0,00

Ag	-0,54	-0,29	-0,42	0,29	-0,15	0,14
Hg	-0,52	0,15	0,16	-0,19	-0,38	-0,10
Mn	-0,59	-0,08	-0,25	0,09	0,16	0,14
V	-0,76	-0,04	-0,21	0,25	-0,06	0,22
Zn	-0,48	-0,07	0,19	-0,39	-0,15	0,23

O vanádio (V) apesar de ser a variável mais significativa (peso igual a -0,76) não apresentou nenhum valor acima do que estabelece a Resolução CONAMA 357/05 em todas as amostras analisadas. O mesmo aconteceu com o lítio (Li), selecionado pela PC2, que embora com valor de peso igual a 0,59, apresentou todos os resultados dentro dos limites estabelecidos pela Legislação acima referida.

O gráfico de peso das variáveis, conforme a análise dos metais e metalóides, pode ser visto na **Figura 19**. Neste caso, cada amostra pode ser imaginada, em termos geométricos, como um ponto localizado num sistema de 14 dimensões considerando 14 o número de variáveis. A PCA aqui aplicada projetou o máximo da informação (63,38%) num espaço com seis (6) dimensões, reduzindo assim a dimensionalidade original dos dados.

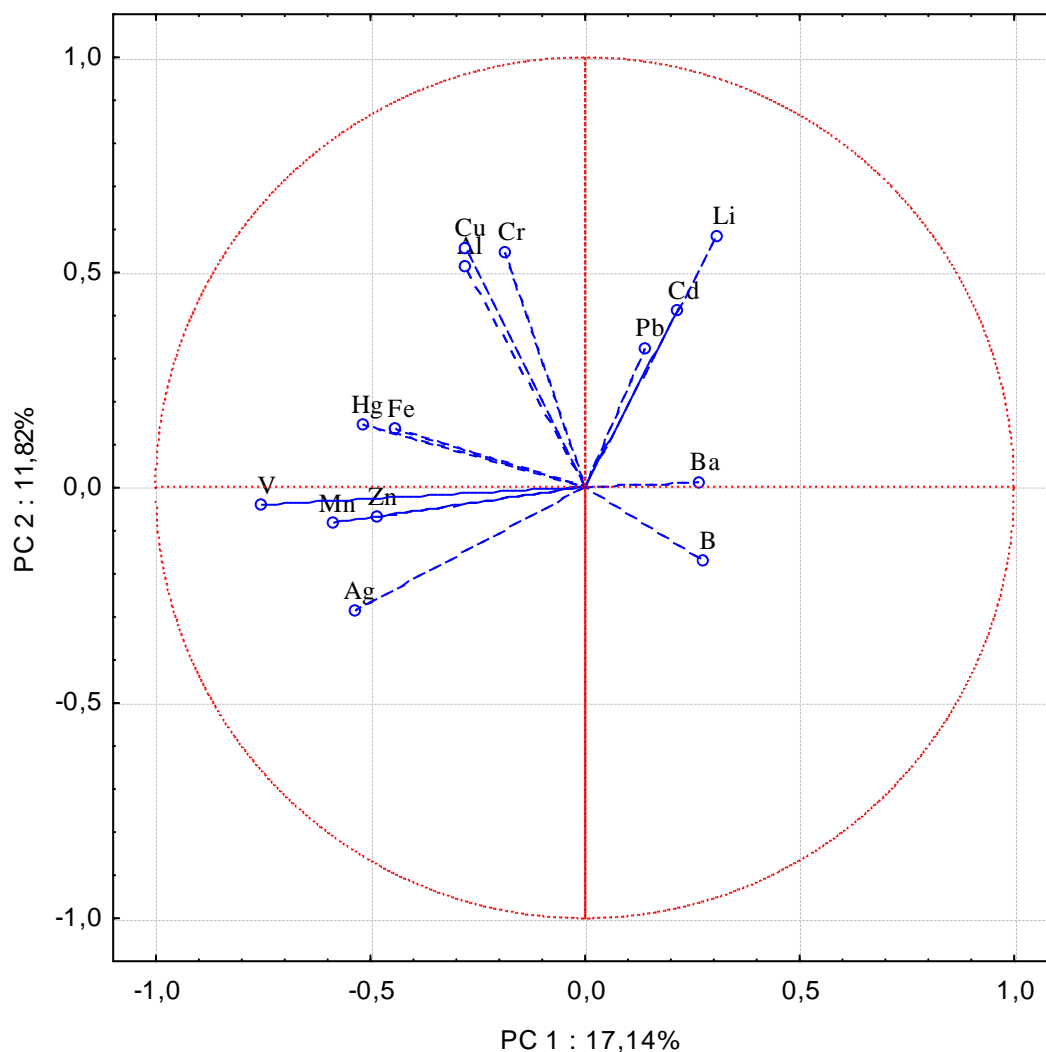


Figura 19 - Gráfico de peso para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos metais e metalóides

Observa-se na **Figura 19**, as influências positivas dos parâmetros Li, Cd, Pb, Ba e B e as influências negativas do Al, Cu, Cr, Hg, Fe, Mn, Ag, V e Zn, pela PC1. As maiores influências são exercidas pelos metais Ag, Fe, Hg, Mn, Zn e V, sendo este último com o maior valor de peso (0,76). Pela PC2, observa-se as influências negativas de V, Mn, Zn, Ag e B e as positivas de Ba, Fe, Hg, Pb, Cd, Li, Cr e Cu, destacando-se como principais o: Al, Cr, Cu e Li.

A representação gráfica dos escores para a PC1 versus PC2 encontra-se na **Figura 20** onde se observa as amostras J-19 e J-24 de comportamento atípico pela PC1 e J-27 pela PC2. As amostras J-19 e J-24 são influenciadas negativamente, principalmente pelos metais Ag, Hg, Mn e V enquanto a amostra J-27 é positivamente, principalmente, pelos metais Al, Cr, Cu e Li, pela PC2. Pela posição dos pontos que representam estas amostras, J-19 e J-24 possuem as maiores concentrações Ag, Hg, Mn e V, por outro lado a amostra J-27

possui as maiores concentrações de Al, Cr, Cu e Li. Observa-se, nesta figura que, com raras exceções, as amostras tiveram comportamento uniforme durante o período 2006-2007 com relação aos teores de metais e metalóides. Apenas três amostras apresentaram comportamento atípico, J-19, J-24 e J-27.

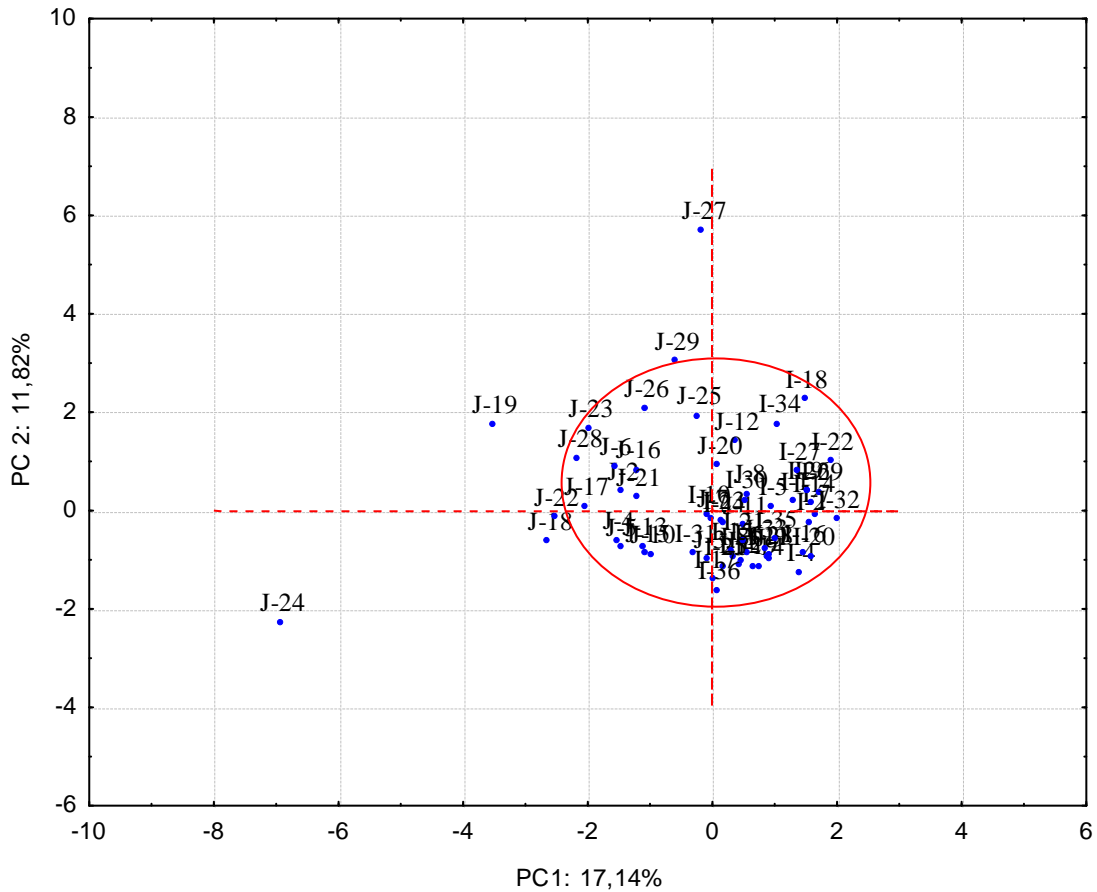


Figura 20 – Gráfico de escores para PC1 versus PC2 das amostras conforme análise dos metais e metalóides.

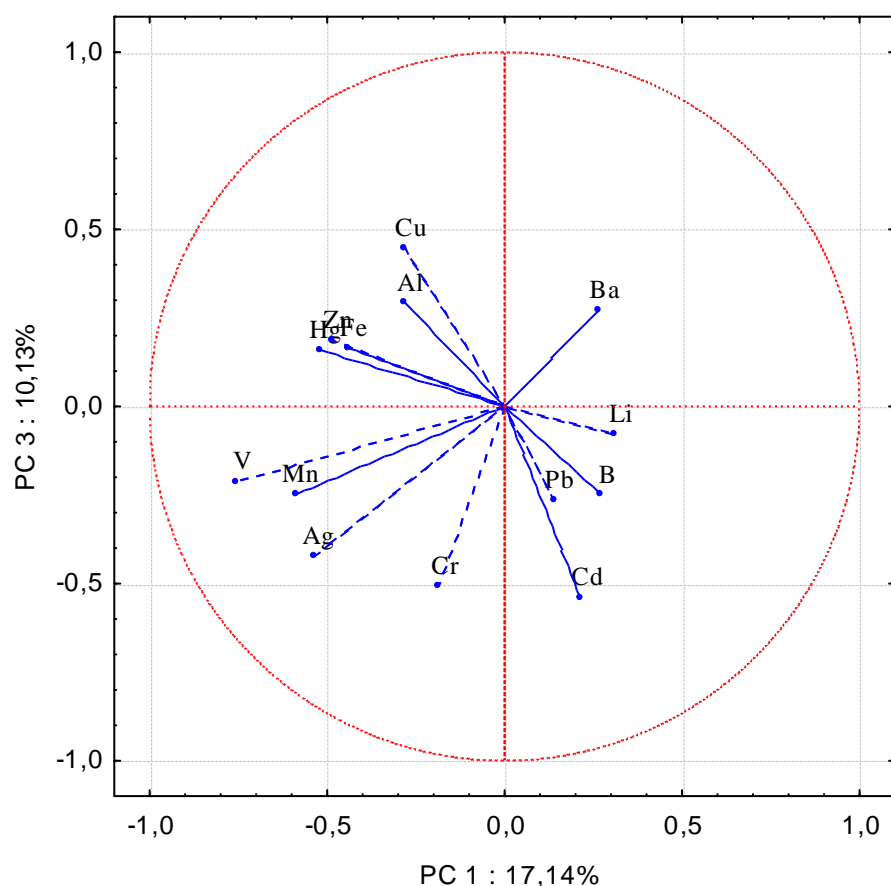


Figura 21 - Gráfico de peso para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos parâmetros físico-químicos

A **Figura 21** mostra que, pela PC3, os parâmetros mais significativos foram os metais Cr, Cd e Cu. Observa-se que o Cu está em posição contrária ao Cr e Cd significando que estas variáveis estão anticorrelacionadas. Os valores dos pesos, apresentados pelas variáveis, mostram que os metais e metalóides não influenciaram significativamente na qualidade das águas da BHRJ no período estudado.

Na **Figura 22** observam-se cinco amostras em destaque: J-26, J-27 e J-29 pela PC3. As amostras J-19 e J-24 tiveram maior influência do metal Cu cujos valores excederam os VMPs estabelecidos pela referida Legislação para as águas doces da classe 2. A amostra J-27 também foi influenciada pelo Cu (concentração máxima acima do VMP) e pelos metais Cr e Cd que embora aumentados ainda estiveram dentro dos limites da legislação vigente. As amostras J-24 e J-29 também sofreram influência dos metais Cd e Cr mas sem ultrapassar os limites do CONAMA 357/05. Metais como Cu, Pb e Zn são constituintes de despejos domésticos. Segundo NUNES [107], uma contribuição de 50-80 % destes metais podem ser provenientes dos esgotos urbanos.

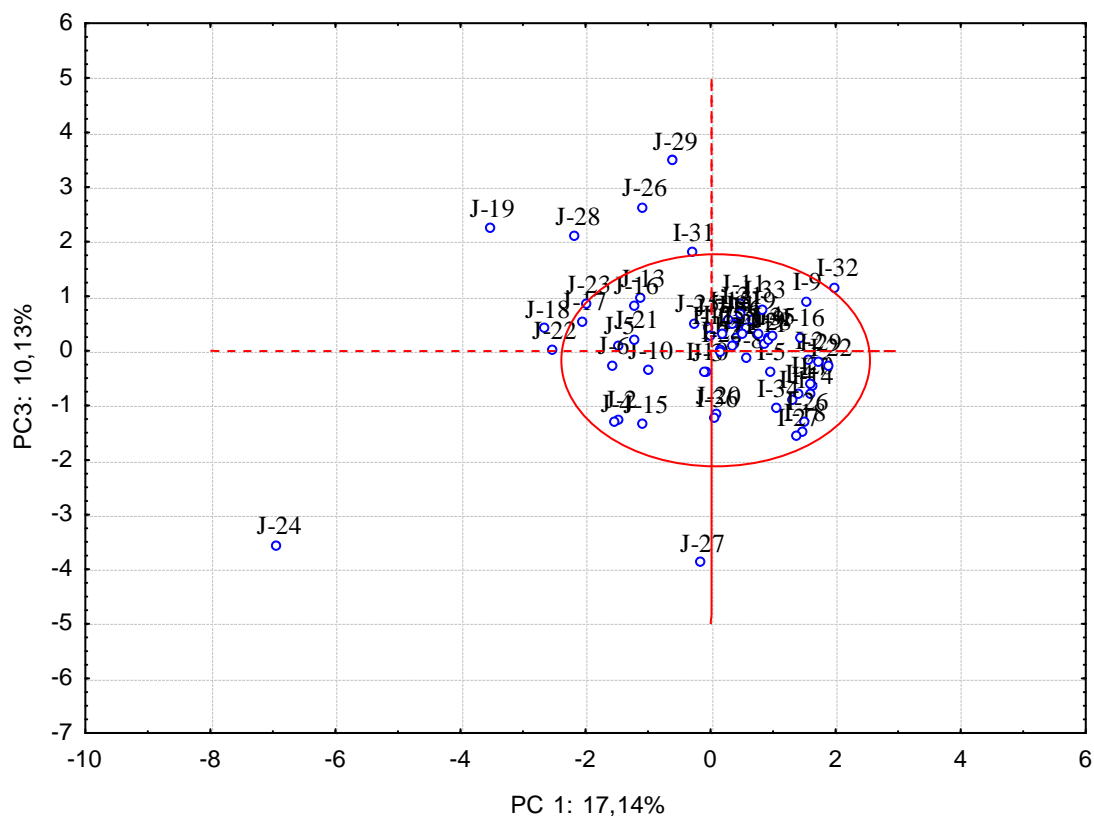


Figura 22 – Gráfico de escores para PC1 versus PC3 das amostras conforme análise dos metais e metalóides.

As **Figuras 20 e 22** mostram que houve um comportamento bastante homogêneo entre as amostras, significando que os metais e metalóides não interferiram significativamente na qualidade da água no período estudado, apesar das violações ocorridas provocadas por Al, Cr, Hg, Pb, Zn, Cd e Cu.

Os últimos resultados divulgados pelo INGA na segunda campanha de 2009 mostraram que houve violação dos padrões de referência apenas para os metais ferro e manganês. Comparando com os resultados encontrados em 2006 e 2007, vê-se que houve uma redução da contaminação em relação aos metais e metalóides nas águas desta bacia., uma vez que no ano de 2009 apenas os dois metais supracitados violaram os padrões de referência.

6. RECOMENDAÇÕES

Considerando a necessidade de garantir a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes, recomenda-se :

- Fazer levantamento dos resultados físico-químicos, biológicos, de metais, metalóides e orgânicos da BHRJ das amostras de águas brutas disponíveis no banco de dados da Embasa de um período de mais ou menos 10 anos.
- Aplicar análise exploratória multivariada utilizando os dados levantados para o conhecimento das condições atuais e da evolução da qualidade ambiental do ecossistema.
- Avaliar as condições da bacia, identificando as causas dos impactos ocorridos.
- Estudar a possibilidade de reduzir o número de pontos de coleta a partir da avaliação realizada, com o objetivo de minimizando custos com análises desnecessárias.
- Estender esse trabalho para as demais bacias hidrográficas utilizadas pela EMBASA.

7. CONCLUSÃO

A presente pesquisa realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Joanes nos anos de 2006 e 2007 permitiu as seguintes observações:

- Com relação às características estéticas da água avaliadas neste trabalho através da cor, turbidez e sólidos totais dissolvidos, observou-se a violação da Resolução CONAMA 357/05 destas variáveis no período de 2006-2007.
- Verificou-se a ocorrência de autodepuração ao longo do rio com a redução da DBO, da DQO e do fósforo e o aumento da concentração do OD, entretanto, com relação ao fósforo e amônia, observou-se a extrapolação dos respectivos valores máximos permitidos (VMP) desses parâmetros, estabelecidos pelo CONAMA 357/05, contribuindo para o processo de eutrofização do rio nos trechos atingidos. Foi observado que a relação percentual DBO DQO entre 10% e 30%, nas maiorias das amostras analisadas mostrou que a matéria orgânica biodegradável estava também na faixa acima referida
- Ao longo da bacia diversos parâmetros estão em desacordo com a Resolução CONAMA 357/05 para as águas doces da classe 2 em função das atividades antrópicas aí desenvolvidas e da falta de uma fiscalização mais efetiva por parte dos órgãos ambientais. Considerando os limites estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/05), para um rio de classe 2, verificou-se que o Al, Cu, Hg e Mn extrapolou os valores máximos permitidos (VMP) desta legislação ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes podendo indicar interferências antrópicas. Altos níveis de concentração destes poluentes podem prejudicar a vida aquática e o homem através do contato primário ou pela cadeia alimentar.
- A análise exploratória utilizando as técnicas da PCA mostrou que os metais e metalóides apesar das violações registradas, não interferiram na qualidade das águas da BHRJ no período de 2006 e 2007.

- Utilizando a técnica da PCA foram selecionados os parâmetros físico-químicos turbidez, fósforo, DBO, DQO, sólidos totais, condutividade elétrica e amônia como os mais importantes para a qualidade da água da bacia do Rio Joanes no período estudado. Verificou-se ainda que no ano de 2007 os efeitos da poluição foram mais acentuados. Estes efeitos dependem dentre outros, da precipitação, da capacidade de autodepuração do rio e da quantidade de lançamento das fontes poluidoras.
- A aplicação da PCA atingiu o seu objetivo reduzindo a dimensionalidade dos dados originais tanto dos parâmetros físico-químicos quanto dos metais e metalóides.
- Baseando-se nos resultados apresentados conclui-se que alguns trechos da bacia Hidrográfica do Rio Joanes apresentaram problemas sérios de contaminação por esgotos domésticos e industriais, significando que as águas desta bacia são impróprias para consumo humano sem o tratamento adequado dessas águas.

8. REFERÊNCIAS

1. MENDES, C. G. N. - Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano / Valter Lúcio de Pádua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2006 504 p. : II Projeto PROSAB ISBN: 85-7022-149-5; ISBN: 978-85-7022-149-0. Capítulo 1 – Tratamento de águas para consumo humano- Panorama Mundial e Ações do PROSAB – Belo Horizonte - 2006. Disponível em www.finep.gov.br/prosab/index.html. Acessado em 24 /02/2009
2. PINTO FILHO, J. L. O; OLIVEIRA, A. M. – Impactos Socioambientais da ocupação desordenada das margens da Lagoa Apodi Pond – RN - Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.3, n.1, p. 58-76 de janeiro/março de 2008 - <http://revista.gvaa.com.br>. Acessado em 01/07/2008.
3. JUNQUEIRA, C. DE A. & SILVA, R. S. - Avaliação Ambiental Aplicável a Bacias Hidrográficas no Meio Urbano: Análise dos métodos Amorim & Cordeiro, PESMU e SWAT. REA – Revista de estudos ambientais v.10, n. 2, p. 6-23, jul./dez. 2008
4. DISPONÍVEL EM Portal Nosso São Paulo - www.nossosaopaulo.com.br. Acessado em 25 de agosto de 2009.
5. BRASIL, LEI N° 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação, e dá outras providências
6. FARIAS, M. S. S. – Monitoramento da Qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo – Tese de Doutorado-Universidade Federal de Campina Grande – Curso de Engenharia Agrícola - Campina Grande – Estado da Paraíba, 2006. Disponível em <http://www.deag.ufcg.edu.br>. Acessado em 24/08/2008.
7. BRASIL. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 85-334-1240-1
8. MERTEN GUSTAVO H. & MINELLA, JEAN P. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002
9. GUZZO, M. C. S., Indicadores Ambientais de Qualidade de Água para Bacias Hidrográficas –Dissertação – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

10. SILVA, G. S. ; JARDIM, W. F.. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. Quím. Nova, São Paulo, v. 29, n. 4, July 2006.
11. FRACARO, N. V. - Diagnóstico sócio-ambiental do trecho superior da Bacia do rio Vitorino. Sudoeste do Paraná. Dissertação de mestrado. Departamento de Ciências do Solo e Eng. Agrícola da Universidade Federal do Paraná- Curitiba – PR – 2005. Disponível em <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/34..> Acessado em 09/01/2009.
12. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Resolução No 357, de 17 de março de 2005, 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.
13. BRASIL, PORTARIA nº 518 de 25 de março de 2004. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
14. CHAVES, R. C. P. – Avaliação do teor de metais pesados na água tratada do município de Lavras – M G- Lavras: UFLA, 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
15. PONTES, C. H. C.; Lastoria, G. & Pereira, J. S.- Panorama atual da legislação brasileira com referência à gestão da água subterrânea. “XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos”. Disponível em www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ASUB/Revis%E3oB.pdf. Acessado em 14/12/2009.
16. AMORIM, J. L. R.-Livro da Barragens- SEDUR:EMBASA-Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Secretaria de Desenvolvimento Urbano- Salvador, Bahia, 2006.
17. SENADO FEDERAL, Coleção Ambiental , volume I, Código de Águas , Brasília, 2003. Disponível em <http://www2.senado.gov.br/bdsf/.pdf>. Acessado em 13/12/2009.
18. SENADO FEDERAL, Coleção Ambiental , volume IV, Código Florestal , Brasília, 2004. Disponível em <http://www2.senado.gov.br/bdsf/.pdf>. Acessado em 13/12/2009.
19. GROFF, P.V. – Constituição de 1988 e reformas, Brasília a. 43 n. 171 jul./set. 2006. Disponível em <http://www2.senado.gov.br/bdsf/bitstream/id/70322/2/653798.pdf>. Acessado em 13/12/2009.

20. LEI 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 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– Disponível em www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf. Acessado em 13/12/2009.
21. LEI 6855 de 12 de maio de 1995. Dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/85906/lei-6855-95-bahia-ba>. Acessado em 04/12/2009.
22. LEI 6812 de 18 de janeiro de 1995. Cria a Secretaria da Cultura e Turismo, introduz modificações na estrutura organizacional da Administração Pública Estadual e dá outras providências. Disponível em www.sema.ba.gov.br/Legislacao/Leis%20.pdf. Acessado em 04/12/2009
23. DISPONÍVEL em www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/Doc148.pdf. Acessado em 04/12/2009.
24. LEI nº. 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em http://www.ibama.gov.br/fauna/legislacao/lei_9605_98.pdf. Acessado em 04/12/2009.
25. LEI nº 9.984 de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Acessado em 04/12/2009.
26. MATO GROSSO, Relatório de monitoramento da qualidade das águas da sub Bacia do rio Cuiabá. Cuiabá, MT, 2006. Disponível em www.sema.mt.gov.br. Acessado em 07/08/2009.
27. CETESB - Variáveis de Qualidade das Águas - Rios e Reservatórios (Parte 1). Disponível em www.universoambiental.com.br/novo/artigos. Acessado em 25/02/2009.
28. MILLER, G. T. – Ciência Ambiental- tradução All Tasks, A.; revisão técnica DELITTI, W. B. C., pags. 59,60 – São Paulo: Thomson Learning, 2007
29. BAIRD, C. – Química Ambiental; tradução RECIO, M. A. L. R.; CARRERA, L. C. M. – 2. ed.- Porto Alegre: Bookman, 622p, 2002.

30. DÍAZ, H.M & CAMACHO, L.A. – Modelacion hidrodinámica y de calidad para el embalse de Muña – Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia – 2005. Disponível em columbus.uniandes.edu.co:5050/dspace/handle/1992/734 Acessado em 29/01/2009.
31. GALVEZ-CLOUTIER, R.; IZE, S. & ARSENAULT, S. - VECTEUR environnement Volume 35, número 6 , Pages 18-37 - novembre 2002. Disponível em www.bape.gouv.qc.ca/sections/ Acessado em 08/01/2009.
32. DE PÁDUA, H.B. Piscicultura FB - Crie peixe, pesque essa idéia. Disponível em www.pisciculturafb.com.br/artigos14.html. Acessado em 18/04/2009
33. CANADA, www.hc-sc.gc.ca. Acessado em 06/01/2009
34. BAHIA, Avaliação da Qualidade das Águas, Bacias Hidrográficas- Baía de Todos os Santos- Paias de Salvador. Relatório Técnico, 2000.
35. FERNÍCOLA, N.G.G. de & AZEVEDO, F. A. de. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. **Rev. Saúde Pública**, S. Paulo, **15**:242-8, 1981. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v15n2/09.pdf>. Acessado em 1/03/2009
36. LIMA, M.A.S. - Águas acumuladas em Açudes e Barragens na Região de Santa Maria e Flutuações em seus Atributos Físico Químicos – Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – 2005
37. ZUCCARI, M.L.; FESSEL, G.; LEOPOLDO, P.- Determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo - Energ. Agric. Botucatu, vol. 20, n. 4, pp. 69-82, 2005.
38. VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P. M. & SILVA, A. M. M - Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) como Parâmetros de Poluição no Ribeirão Lavapés / Botucatu – SP – Eclética Química – vol. 22 – São Paulo – 1997. Disponível em Acessado em 14/11/2007
39. DISPONÍVEL em <http://www.universoambiental.com.br/index2.php>. Acessado em 07/01/2009.
40. PEREIRA, R.S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH – ReRH – Revista Eletrônica de Recursos Hídricos Volume 1 n.1, pp 20-36, Jul/Set 2004. Disponível em www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf. Acessado em 26/05/2009

41. ESTEVES, F.A. – Fundamentos de Limnologia — Rio de Janeiro, 2ª edição, Editora Interciência Ltda, FINEP, 574p, 1998 .
42. SKOWRONSKA, P. – Phytochelatin production in freshwater algae *Stigeoclonium* in response to heavy metals contained in mining water; effects of some environmental factors – *Aquatic Toxicology* 52 , pp 241-249, 2001.
43. TAKAMATSU, A. A. – Avaliação da Biolixiviação de Metais Pesados por Bactérias do Gênero *Thiobacillus* em Lodos Biológicos Para Utilização Agrícola como Fertilizante - Universidade Federal do Paraná – Tese de Mestrado em Microbiologia do Solo – 1995.
44. CAMPOS, M.L.A. M.; BENDO, .A & VIEL, F.C. – Métodos de baixo custo para purificado de reagentes e controle da contaminação para a determinação de metais traços em águas naturais. - *Qui. Nova*, vol.25. Nº. 5, 808-813, 2002.
45. YABE. M. J.S. E OLIVEIRA, E. – Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas – *Quím. Nova*, 21(5)(1998).
46. WHO-WORLD HEALTH ORGANIZATION 2006 - Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1, Recommendations. – 3rd ed. - incorporating first addendum. Electronic version for the Web. Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gd. Acessado em 14/02/2009.
47. AZEVEDO, F.A. & CHASIN, A.A.M. – Metais / gerenciamento da toxicidade – Editora Atheneu, SP, 554 p, 2003
48. SANTOS, E. C. O; JESUS, I. M.; BRABO, E. S.; FAYAL, K.F.; SÁ FILHO, G.C.; LIMA, M.O.; A.M.M.; MASCARENHAS, A.S.; CANTO DE SÁ, L.L.; PESSOA DA SILVA, A.; VOLNEY DE MAGALHÃES CÂMARA, V.M. - Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA - *Rev. Bras. Epidemiol.* vol. 6, nº. 2 São Paulo - Junho 2003
49. BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; CAVALCANTI, J. A. - Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rem: Rev. Esc. Minas - Ouro Preto*, v. 57, n. 1, 2004.
50. USEPA. Disponível em <http://yosemite.epa.gov/water>. Acessado em 26/12/2008
51. MARCHETTI, M. E.; MOTOMYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C. & NOVELINO, J. O.. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. *Acta Scientiarum Maringá*, v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001 Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Disponível em

- <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view...> Acessado em 23/06/2009
52. OLIVEIRA, R.G. - Avaliação do movimento de chumbo, cádmio e zinco em solo tratado com resíduo calcáreo - Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras – Lavras – Minas Gerais, 2003.
53. MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para avaliação dos riscos à saúde. *Química Nova*, v.27, n.2, p.251-260 mar./ abr. 2004
54. TOMAZELLI, A.C. – Estudo Comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Ribeirão Preto, 2003 – Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP - Área de Concentração: Biologia Comparada
55. ALVES, A. N. L.& ROSA, H. V. -2003- Exposição Ocupacional ao Cobalto: aspectos toxicológicos - *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas - Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 39, n. 2, abr./jun., 2003
56. DISPONÍVEL em <http://www.3fitness.com/litio.htm> . Acessado em 29/05/2009.
57. CUNHA, L.; GOMES, A.S.; COUTINHO, F. M. B; TEIXEIRA, V. G.. Principais rotas de síntese de resinas complexantes de mercúrio. [online]. , vol. 17, no. 2, pp. 145-157. ISSN 0104-1428.
58. ASSOCIAÇÃO DE CONSCIÊNCIA À PREVENÇÃO OCUPACIONAL-ACPO . Disponível em www.acpo.org.br/principal.php. Acessado em 05 de novembro de 2007.
59. SILVA, I. M. da .Comparação dos índices de qualidade da água e usos do fator de contaminação e índice de geoacumulação para os sedimentos da microbacia do Arroio João Corrêa. Dissertação de mestrado. Universidade do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Geologia, São Leopoldo, RS, Brasil, 2008. Disponível em http://bdtd.unisinos.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=601. Acessado em 27/06/2009.
60. PERU. DECRETO LEY N° 17752.Disponível em <http://www.bvsde.paho.org>.
61. PORTUGAL.DECRETO-LEI N° 236. Disponível em <http://www.idesporto.pt/DATA/DOCS/LEGISLACAO/doc> . Acessado em 14/02/2009

62. ECUADOR - NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA EQUADOR . Disponível em www.elaw.org/node/3736. Acessado em 14/02/2009
63. VENEZUELA - NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LÍQUIDOS Disponível em www.caballerosdelfuego.com.ve/cdfleyes/L44.doc. Acessado em 14/02/2009
64. BASTOS, K.X.; HELLER, L.; BEVILACQUA, P. D.; PÁDUA, V. L. & BRANDÃO, C. C. S. Legislação sobre controle e vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. A Experiência Brasileira comparada com a Panamericana. Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 29, San Juan, 22-27 Ago. 2004.
65. ESTADOS UNIDOS. NATIONAL PRIMARY DRINKING WATER STANDARDS Disponível em <http://yosemite.epa.gov/water>. Acessado em 14/02/82009.
66. CANADA. GUIDELINES FOR CANADIAN DRINKING WATER QUALITY. Disponível em www.hc-sc.gc.ca/. Acessado em 14/02/82009.
67. ARGENTINA CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO. Disponível em www.anmat.gov.ar. Acessado em 14/02/2009
68. CHILE. Nch 409/2005. Disponível em www.u-cursos.cl/ingenieria/2007. Acessado em 14/02/2009.
69. PINTO, V.G.; HELLER, L.; BASTOS, K.X. & PÁDUA,V.L. Discussão Comparativa das Legislações sobre Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano em Países do Continente Americano. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande MS, 2005
70. COLÔMBIA. DECRETO 475 de 1998. Disponível em <http://bases.bireme.br/cgi-bin>. Acessado em 14/02/2009.
71. ESPANHA. REAL DECRETO 140. Disponível em www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/calidadAguas. Acessado em 14/02/2009.
72. MELLA, S., Estudio comparativo de normas de calidad de agua potable en distintos países de América. Disponível em www.ub.edu.ar/revistas_digitales/Ciencias/Vol6Numero4. Acessado em 30/05/2009
73. ALCÂNTARA, E. H. & AMORIM, A. J. (2005) – Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: “Um estudo de caso”. Instituto de Geografia UFU – Programa

- de Pós Graduação em Geografia – Caminho de Geografia – revista on line – fev/2005 – págs. 70 – 77
74. BALDISSERA G.C.,- Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT(Soil and Water Assessment Tool) para a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá/ MT – Setembro de 2005 -Universidade Federal do Mato Grosso – Instituto de Ciências Exatas e da Terra –Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente.
75. CAPRILLES, R.. Aliança dos grandes rios. Revista Eco 21, ano XV, nº 98, janeiro/2005. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/agua/doce/>. Acessado em 03/03/2009
76. PORATH, S. L. A Paisagem de Rios Urbanos. - A presença do Rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em 2004 <http://www.posarq.ufsc.br/defesas/dissertacao004.pdf>. Acessado em 02/03/2009.
77. ABDANUR, A. Remediação de solo e água subterrânea contaminados por hidrocarbonetos de petróleo: estudo de caso na Refinaria Duque de Caxias/RJ . 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)- Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.
78. GUIMARÃES, S. L. - Jornal da UNESP Julho/Agosto 2001-Ano XVI – Nº. 158.
79. PEDRÃO, F. - O Controle Social das Bacias Hidrográficas - Bahia análise & dados Salvador, v. 13, n. Especial, p. 453-466, 2003
80. BORSOI, Z. M. F. & TORRES, S.D.A. - A Política de Recursos Hídricos no Brasil - Revista BNDES nº 8 dezembro de 1997
81. OLIVEIRA, M.M.F; KLEINUBING S .J. E DA SILVA, M.G.C. – Bioadsorção de cádmio em banho finito utilizando alga marinha Sargassum S.P. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. www.feq.unicamp.br/~cobeqic/tEa40.pdf, acessado junho de 2006.
82. OLIVEIRA, M.Q.C. - impacto de mudanças no uso do solo nas características hidrosedimentológicas da bacia hidrográfica do Rio Joanes e sua repercussão na zona costeira - dissertação de mestrado - UFBA - 1999
83. RELATÓRIO TÉCNICO - Avaliação da Qualidade das águas. CRA, 2001
84. CEPRAM - Resolução nº 1.101 de 22 de setembro de 1995 - D.O. DE 28.09.95 – Disponível em <http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/PlanejHidrologico> . Acessado em 14/11/2007

85. CAJADO, M. A.V. - Relatório da Rede de Amostragem da Bacia do Rio Joanes - Departamento de Controle da Qualidade e Pesquisa Operacional – EMBASA -1995
86. BAHIA - Gestão Ambiental e dos Recursos Hídricos–2006. Disponível em http://www.seplan.ba.gov.br/arquivos/rev_2003_2006/gestaoamb.htm. Acessado em 12/12/2008.
87. DISPONÍVEL em www.EMBASA.ba.gov.br. Acessado em 12/12/2008
88. BACELLAR, L.A.P. – O Papel das Florestas no Regime Hidrológico de Bacias Hidrográficas- Geo.br 1 (2005) - Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto- Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. Disponível em <http://www.degeo.ufop.br/geobr>. Acessado em 02/08/2008
89. BAHIA, Projeto Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Semi-Árido do Estado da Bahia. Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental, Grupo de Recursos Hídricos - GRH. Disponível em [http://www.grh.ufba.br/download/Volume%20II%20-Enquadramento_rio_Salitre .pdf](http://www.grh.ufba.br/download/Volume%20II%20-Enquadramento_rio_Salitre.pdf). Acessado em 26/06/2009.
90. ANDRADE, E.M.; ARAÚJO, L.F.P.; ROSA, M.F.; GOMES, R.B.; LOBATO, F.A.O. – Fatores determinantes da Qualidade das Águas Superficiais na Bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil – Ciências Rural, Santa Maria v.37, n.6, p.1791-1797, Nov-dez, 2007.
91. BAKKE, H. A.; LEITE, A. S. M. & SILVA, L. B. – Estatística Multivariada: Aplicação da Análise Fatorial na Engenharia de Produção- Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR – Campus Ponta Grossa – Paraná – Brasil – Revista Gestão Industrial - ISSN 1808-0448/v.04, n.04: p.01-14, 2008.
92. ARAÚJO, R. G. O. Otimização de métodos analíticos e caracterização da farinha de trigo: uma contribuição à Tabela de Composição de Alimentos Brasileira. Salvador/BA. Tese de DSc. em Química, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, 2007.
93. ARAÚJO, A. E. M. – Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e índice de qualidade da água no rio Saúde, em razão da precipitação (maio a dezembro de 2004): um estudo de caso. Dissertação de M.Sc. em Meteorologia: Processos de superfície terrestre, Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências atmosféricas. Maceió. 2006
94. FERREIRA, M.M.C.; ANTUNES, A.M.; MELGO, M.S.; VOLPE, P.L.O. – Quimiometria I: Calibração Multivariada, Um Tutorial – Química Nova, 22(5), 1999

95. BORGES, E. C. L.; MOZETO, A. A.; NEVES, E. F. A.; BORGES NETO, W.; BEZERRA, J. M.- Estudo da capacidade de complexação e sua relação com algumas variáveis ambientais em cinco represas do Rio Tietê/Brasil – *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 7, 1505-1511, 2007
96. SENA, M. M.; POPPI, R. J.; FRIGHETTO, R. T. S. & VALARINI, P. J. - Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos - *Química Nova*, 23(4) (2000) – Págs 547-556
97. MATOS, G. D.; PEREIRA-FILHO, E.R.; POPPI, R.J.; ARRUDA, M.A. Z. - Análise Exploratória em Química Analítica com Emprego de Quimiometria: PCA E PCA de imagens - *Revista Analytica* - Agosto/Setembro 2003 • Nº 06
98. FERNANDES, A. P. – Emprego de estratégias quimiométricas para a diferenciação de alimentos de acordo com as formas de produção – Tese de Doutorado em Ciências – Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Química – São Carlos – S.P. - 2006
99. BISINOTI, M.C. ; YABE, M.J.S. & GIMENEZ, S.M.N. - Avaliação da Influência de Metais Pesados no Sistema Aquático da Bacia Hidrográfica da cidade de Londrina-Pr - *Revista Analytica* • Dezembro/Janeiro 2004 • Nº 08 BRITO, L. T. DE: SILVA, A. S.; SRINIVASAN, V.S.; O. GALVÃO, G.O.; HANS R. GHEYI, H.R. - Uso de análise multivariada na classificação das fontes hídricas superficiais da bacia hidrográfica do Salitre - *Eng. Agríc.* vol.26 no.1 Jaboticabal Jan./Apr. 2006 Disponível em www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30096.pdf. Acessado 14/02/2009
100. NONATO, E. A.; VIOLA, Z. G. G.; ALMEIDA, K.C.B. & SCHIOR, H.H.R. - Tratamento estatístico dos parâmetros da qualidade das águas da bacia do alto curso do Rio das Velhas. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 4, 797-804, 2007.
101. ZIMMERMANN, C. M.; GUIMARAES, O. M.; PERALTA-ZAMORA, P. G. Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA). *Quím. Nova*, São Paulo, v. 31, n. 7, 2008
102. STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - 21st Edition. 2005
103. PROGRAMA MONITORA - Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia – Relatório Anual 2008 - Volume 1.

104. PROGRAMA MONITORA - Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas do Estado da Bahia – Rede de Amostragem, Resultados e Considerações Finais- Segunda Campanha Trimestral, junho de 2009, volume 2.
105. GONÇALVES, C. S. . Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do arroio Lino Nova Boêmia - Agudo – RS. Dissertação de Mestrado. PPGA, Santa Maria , RS, Brasil, 2003.
106. NUNES, C.. Avaliação do Desempenho da Argamassa Produzida Com Escória de Cobre Utilizada Como Substituição do Agregado Miúdo. Programa de Iniciação científica. Universidade Federal da Bahia. DCTM- Departamento de Ciência e Tecnologia dos Materiais. GEMAC – Grupo de Estudo em Materiais de Construção, 2003. Disponível em www.reciclar.ufba.br/apresentacao/apresentações/carine.ppt. Acessado em 03/07/2009

9. ANEXOS

ANEXO A- Tabela 21 – Resultados Físico-químicos das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006

Amostra	AMÔNIA (mg NH ₃ /L)	COND (umho/cm)	COR REAL(mg Pt/L)	DBO mg/L)	DQO (mg/L)	FÓSFORO TOT (mg P/L)	NITRITP (mg NO ₂ -N/L)	OD (mg /L)	pH	TURB (NTU)
RJ-01-10/02/06	0,100	90,3	34,0	1,00	17,8	0,076	0,005	3,90	6,66	12
RJ-01-07/03/06	0,140	61,9	23,0	1,00	10,2	0,100	0,005	6,56	5,64	92
RJ-01-01/04/06	0,003	118		1,42	11,0	0,100	0,005	4,47	6,81	13
RJ-01-04/04/06	0,140	165	30,0	1,00	13,8	0,100	0,005	3,97	6,55	16
RJ-02-10/02/06	0,440	47,6	38,0	1,52	17,7	0,172	0,005	5,92	5,90	23
RJ-02-07/03/06	0,100	26,2	23,0	1,18	16,8	0,009	0,014	6,56	5,64	92
RJ-02-01/04/06	0,100	60,6	23,0	1,37	22,0	0,009	0,005	4,88	6,00	20
RJ-02-04/04/06	0,370	76,0	15,0	1,37	19,6	0,009	0,005	5,09	6,29	15
RJ-03-10/02/06	0,100	83,8	53,0	1,24	17,3	0,110	0,005	6,24	6,79	16
RJ-03-07/03/06	0,130	70,8	38,0	1,00	13,8	0,009	0,005	6,27	6,49	40
RJ-03-01/04/06	0,380	117	0,0	1,00	14,0	0,009	0,005	5,82	6,96	14
RJ-03-04/04/06	0,100	118	13,0	1,04	11,5	0,009	0,005	6,94	6,98	7,5
RJ-04-01/04/06	35,700	592		1,02	48,0	2,96	0,005	0,16	7,39	41
RJ-04-08/04/06	25,500	505	122		36,0	3,38	0,005	0,10	7,15	38
RJ-05-10/02/06	0,440	398	33,0	11,3	88,5	0,68	0,005	1,51	7,13	35
RJ-05-07/03/06	3,900	236	14,0	4,82	16,1	0,18	0,072	9,19	6,78	37
RJ-05-01/04/06	18,800	573		28,2	49,0	1,85	0,005	1,14	7,27	45
RJ-05-04/04/06	16,400	555	24,0	3,14	50,5	1,25	0,013	3,58	6,96	37
RJ-06-10/02/06	0,100	95,5	50,0	2,10	23,0	0,192	0,015	3,43	6,73	25
RJ-06-07/03/06	0,330	81,3	36,0	1,26	16,8	0,11	0,006	5,09	6,54	61
RJ-06-01/04/06	0,650	221	28,0	1,00	49,0	0,27	0,061	10,6	9,21	43
RJ-06-04/04/06	2,560	231	28,0	1,00	68,5	0,77	0,097	11,0	8,6	66
RJ-06-08/04/06	0,550	90,8	53,0	5,06	18,5	0,075	0,060	4,82	6,85	17
RJ-07-10/02/06	0,490	93,5	63,0	1,54	19,9	0,112	0,18	3,53	6,77	30
RJ-07-07/03/06	0,150	77,3	44,0	1,23	15,0	0,14	0,005	5,99	6,30	61
RJ-07-01/04/06	1,080	229		33,8	46,0	0,21	0,005	1,04	7,13	14
RJ-08-10/02/06	0,003	100	27,0	1,84	17,7	0,17	0,005	4,21	6,60	8,5
RJ-08-07/03/06	0,120	82,2		1,22	6,5	0,009	0,005	3,53	6,43	27
RJ-08-04/04/06	0,003	115	12	1,28	5,8	0,009	0,005	7,41	7,18	4,9
RJ-08-01/04/06	0,003	110		1,58	8,0	0,009	0,005	8,11	7,39	4

Continuação da Tabela 21

RJ-11-24/04/06	0,100	65,9	24,0	1,00	40,2	0,063	0,005	5,32	6,00	76
RJ-11-01/09/06	0,590	85,7	0,0	1,55	15,0	0,009	0,005	1,77	6,18	29
RJ-11-10/09/06	0,003	69,5	17,0	1,00	7,1	0,101	0,005	4,36	6,40	51
RJ-11-07/10/06	0,140	87	54,0	1,00	15,6	0,084	0,007	5,80	6,31	30
RJ-12-24/04/06	0,250	87,9	58,0	1,22	35,7	0,031	0,005	5,49	6,10	70
RJ-12-01/09/06	0,390	86,2		1,16	10,0	0,11	0,005	4,99	6,79	13
RJ-12-10/09/06	0,003	73	47,0	1,10	9,4	0,032	0,005	6,03	6,70	18
RJ-12-07/10/06	0,003	65,8	27,0	1,00	12,0	0,055	0,009	6,07	6,71	18
RJ-13-24/04/06	0,450	152	80,0	1,51	42,4	0,025	0,023	4,57	6,43	
RJ-13-01/09/06	0,310	91,8	58,0	1,06	11,0	0,13	0,005	1,66	6,40	22
RJ-13-10/09/06	0,003	115	51,0	1,03	14,2	0,106	0,005	4,83	6,67	19
RJ-13-07/10/06	0,003	58	18,0	1,00	7,5	0,069	0,005	4,42	6,24	34
RJ-14-24/04/06	0,550	94,7	28,0	1,72	21,5	0,085	0,018	6,73	5,98	87
RJ-14-01/09/06	0,200	91,9		1,74	16,0	0,009	0,005	5,72	6,64	16
RJ-15-24/04/06	1,270	386	88,0	3,21	42,3	0,03	0,010	4,95	6,74	59
RJ-15-01/09/06	5,420	651		1,00	43,0	0,160	0,011	6,24	6,95	27
RJ-15-10/09/06	0,740	237	72,0	3,03	31,3	0,412	0,005	1,25	6,58	16
RJ-15-07/10/06	0,570	158	37,0	3,99	20,0	0,283	0,031	1,54	8,69	24
RJ-16-24/04/06	2,600	237	75,0	2,39	37,0	0,257	0,065	2,81	6,69	42
RJ-16-01/09/06	0,130	255	0,0	2,10	18,0	0,100	0,005	5,40	7,25	16
RJ-16-10/09/06	0,003	199	38,0	2,24	18,6	0,087	0,006	5,92	7,07	14
RJ-16-07/10/06	0,003	101	39,0	1,09	17,0	0,068	0,005	6,34	6,62	14
RJ-17-24/04/06	17,00	634	9,0	1,00	13,9	0,045	0,007	4,06	4,28	62
RJ-17-01/09/06	1,100	301		9,30	41,0	0,700	0,005	0,10	6,10	48
RJ-17-10/09/06	6,000	281	68,0	5,83	32,6	1,000	0,005	1,35	6,54	32
RJ-17-07/10/06	2,190	176	31,0	3,27	17,4	0,230	0,039	2,56	6,39	12
RJ-18-04/04/06	0,003	115	12,0	1,28	5,8	0,03	0,005	7,41	7,18	4,9
RJ-18-01/09/06	0,003	116		1,22	15,0	0,009	0,005	6,60	7,3	2,2
RJ-18-02/09/06	0,003	128	11,0	1,00	10,1	0,009	0,005	6,57	7,23	3,4
RJ-18-10/09/06	0,260	103	44,0	1,21	7,9	0,009	0,005	6,24	6,86	6,7

Continuação da Tabela 21

RJ-18-22/09/06	0,003	85,9	52,0	6,42	19,9	0,009	0,006	6,34	7,0	8,4
RJ-18-07/10/06	0,110	82,3	63,0	1,23	12,7	0,100	0,011	5,43	6,43	34
RJ-18-14/12/06	0,130	96,6	15,0	1,84	21,5	0,043	0,005	7,01	7,44	2,2
RI-11-23/01/06	0,003	171	9,0	1,03		0,009	0,005	7,72	7,52	3,7
RI-11-05/08/06	0,980	216	24,0	1,88	14,0	0,120	0,019	5,65	7,03	11
RI-11-09/11/06	0,200	167	11,0	1,74	13,4	0,100	0,009	5,92	7,2	2,5
RI-11-12/11/06	0,170	166	8,0	2,19	14,9	0,144	0,005	6,59	7,19	3,2
RI-11-03/03/08	0,300	237	14,0	3,90	26,1	0,045	0,005	5,79	5,76	27
RI-12-23/01/06	0,910	224		1,19		0,011	0,007	2,50	6,36	6,3
RI-12-05/08/06	0,150	98,6	11,0	1,00	5,1	0,006	0,005	5,10	6,27	2,3
RI-12-09/11/06	0,450	187	8,0	1,00	5,0	0,012	0,006	5,40	6,55	1,2
RI-12-12/11/06	0,340	171	8,0	1,55	8,6	0,115	0,005	5,86	6,33	1,2
RI-13-23/01/06	17,90	748	0,0	4,04		1,320	0,018	2,24	7,15	6,8
RI-13-05/08/06	0,940	100	12,0	2,30	8,8	0,150	0,019	6,87	6,69	23
RI-13-09/11/06	0,770	211	10,0	2,01	7,0	0,020	0,082	5,30	7	3,6
RI-13-12/11/06	0,240	229	13,0	2,42	15,2	0,164	0,005	4,08	6,8	1,9
RI-14-23/01/06	0,550	342		1,68		0,009	0,022	5,11	7,13	5,4
RI-14-05/08/06	2,460	210	18,0	1,49	9,6	0,042	0,144	5,21	6,71	7,6
RI-14-09/11/06	0,370	236	13,0	1,50	5,9	0,028	0,052	2,39	6,77	2,7
RI-14-12/11/06	3,310	308	16,0	4,13	12,1	0,527	0,062	2,30	6,59	3,2
RI-15-23/01/06	0,240	176		1,08	43,0	0,009	0,005	7,36	7,89	2,3
RI-15-05/08/06	0,200	187	7,0	1,22	8,9	0,009	0,03	6,76	7,06	4,8
RI-15-12/11/06	0,180	156	10,0	1,56	10,2	0,088	0,005	6,64	7,42	1,9
RI-16-05/08/06	0,420	190	7,0	1,04	8,1	0,027	0,033	5,79	6,76	8,3
RI-16-12/11/06	0,110	155	9,0	1,82	14,7	0,085	0,005	6,64	7,36	3,2
RI-17-23/01/06	0,003	175		1,05		0,110	0,005	8,14	7,38	3,1
RI-17-05/08/06	0,710	195	9,0	1,09	11,6	0,011	0,034	5,57	7,01	12
RI-17-09/11/06	0,160	155	14,0	1,08	7,3	0,015	0,005	6,13	7,13	4,4
RI-17-12/11/06	0,150	155	8,0	1,83	10,4	0,021	0,005	6,64	7,5	1,3
RI-21-19/06/06	0,740	153	24,0	1,76	10,9	0,066	0,023	5,95	6,54	8,6
RI-21-08/03/06	0,310	173	13,0	1,56	11,6	0,083	0,017	4,61	6,97	2,7

Continuação da **Tabela 21**

RI-21-02/05/06	1,160	236	11,0	3,32	14,4	0,097	0,007	5,86	7,15	15
RI-22-19/06/06	0,910	202	28,0	1,08	7,6	0,036	0,039	3,38	6,71	13
RI-22-08/03/06	0,370	178	16,0	1,09	9,6	0,100	0,069	2,77	6,67	4,9
RI-22-11/06/06	0,270	191	9,0	2,00	17,9	0,099	0,016	8,31	7,58	4,4

ANEXO B - Tabela 22 – Resultados físico-químicos das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006

Amostra	AMÔNIA (mg NH ₃ /L)	COND (umho/cm)	COR REAL (mg Pt/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	FÓSFORO TOT. (mg P/L)	NITRATO (mg NO ₃ - N/L)	NITRITO (mg NO ₂ - N/L)	OD mg O ₂ /L)	pH	SOL TOT (mg/L)	TURB (NTU)
RJ-01-08/03/07	0,140	81,6	23	1,00	6,2	0,053	0,21	0,005	5,14	6,61	57	10
RJ-01-01/04/07	0,170	102	17,0	3,69	13,1	0,029	0,50	0,005	4,08	7,00	55,2	12
RJ-01-26/10/07	0,140	91,6	38	1,00	12,1	0,026	3,19	0,005	4,57	6,70	64,9	19
RJ-02-08/03/07	0,110	53,2	18	2,10	13,9	0,027	0,01	0,005	4,11	5,63	95,3	11
RJ-02-01/04/07	0,180	51,0	19	4,83	27,6	0,134	0,01	0,005	3,14	6,71	59,6	13
RJ-02-26/10/07	0,100	67,6	15	1,20	16,5	0,046	0,26	0,005	3,99	5,67	54,0	5,5
RJ-03-08/03/07	0,180	79,5	42	1,00	10,1	0,014	1,2	0,005	7,09	6,73	63,0	12
RJ-03-01/04/07	0,130	102	38	2,18	14,2	0,061	0,01	0,005	5,33	6,71	55,0	9,5
RJ-03-26/10/07	0,340	87,2	21	1,20	10,6	0,106	0,39	0,005	5,84	7,04	55,3	4,7
RJ-05-01/04/07	17,300	480	27	1,89	82,0	0,988	0,01	0,005	1,05	7,00	317	25
RJ-05-26/10/07	12,700	424	25	10,6	28,2	0,091	0,19	0,005	0,88	6,84	282	26
RJ-06-05/02/07	2,160			8,76	23,9	0,023	0,024	0,01	6,78	7,34		35
RJ-06-01/03/07	0,630			8,43	74,0	0,025	0,01	0,005	7,84	9,16		33
RJ-06-08/03/07	1,600	93,4	25	2,00	13,6	0,06	0,055	0,037	3,59	6,49	83	12
RJ-06-06/04/07	0,230			3,45	17,0	0,059	0,31	0,01	3,34	6,31		31
RJ-06-11/05/07	0,600			6,56		0,212	0,31	0,01	11,05	8,9		
RJ-06-24/05/07	0,170			8,15	39,7	0,121	0,36	0,01	17,73			36
RJ-06-31/05/07	0,450			2,85	19,8	0,102	0,026	0,005	3,65	6,51		21
RJ-06-07/06/07	0,150	98	18	5,41	22,4	0,16	0,48	0,01	7,39	7,53	69,3	11
RJ-06-28/06/07	1,090	97,1	42	2,85		0,122	0,38	0,005	5,03	6,74	0,1	11
RJ-06-20/07/07	0,830	93	20	4,10	18,4	0,061	0,3	0,023	5,65	6,86	67,8	9,0
RJ-06-27/07/07	0,380	97,8	17	4,60	33,2	0,109	0,45	0,025	6,37	6,98	62	18
RJ-06-08/09/07	0,310	96	20	6,00	28,3	0,033	0,4	0,005	8,68	9,08	88,9	25
RJ-06-26/10/07	0,440	198	25	11,3	40,7	0,373	0,01	0,005	5,35	7,26	22	91
RJ-06-07/11/07	0,860	96,6	8,0	4,20	15,7	0,079	0,37	0,005	5,16	6,66	75,6	14
RJ-07-08/03/07	3,200	95,9	19	4,00	19,5	0,02	0,39	0,044	4,72	6,92	84,5	12
RJ-07-01/04/07	0,100	181	13	7,18	24,5	0,105	0,01	0,005	0,10	8,1	109	6,1
RJ-07-26/10/07	0,100	193	19	11,7	41,3	0,208	0,01	0,005	4,28	9,49	176	71
RJ-07-30/10/07	0,160	211	31	1,0	38,1	0,291	5,14	0,005	11,38	9,89	201	94
RJ-08-01/04/07	0,110	99,6	11	3,87	10,2	0,031	0,01	0,005	7,11	7,14	52,6	4,3
RJ-08-26/10/07	0,003	86,2	4,0	1,00	5,8	0,029	0,01	0,005	6,32	7	58,3	6,6
RJ-11-19/06/07	0,070	55,7	11,0	1,02	6,3	0,009	0,25	0,005	4,21	5,87	37,5	6,3
RJ-11-12/10/07	0,003	91,2	113	2,40	24,2	0,018	0,19	0,005	2,07	6,31	67,6	31

Continuação da Tabela 22

RJ-12-19/06/07	0,003	70,7	34	1,00	29,9	0,049	0,21	0,005	5,32	6,41	53,3	13
RJ-12-12/10/07	0,003	76,4	80	2,10	12,1	0,009	0,29	0,005	5,35	6,16	54,3	18
RJ-12-01/11/07	0,130	77,3	43	4,84	8,6	0,051	0,01	0,005	5,23	7,05	43	50
RJ-13-19/06/07	0,003	98,1	76	1,58	31,1	0,087	0,27	0,005	4,85	6,81	68,7	37
RJ-13-12/10/07	0,003	66,9	535	3,50	22,6	0,009	0,01	0,005	0,10	6,03	58,4	70
RJ-13-01/11/07	0,16	87,9	56	2,58	15,4	0,134	0,01	0,005	2,40	6,62	49,8	15
RJ-14-12/10/07	0,13	88,9	30	2,80	17,1	0,009	0,22	0,005	5,53	6,37	79,7	26
RJ-14-01/11/07	0,14	87,6	17	4,25	14,8	0,060	0,01	0,005	5,65	6,6	57,5	8,8
RJ-15-19/06/07	1,48	226	63	5,30	31,8	0,314	0,01	0,005	0,74	6,32	151	15
RJ-15-12/10/07	8,16	648	142	9,70	32,3	0,799	0,01	0,005	0,10	6,47	526	32
RJ-16-19/06/07	0,04	99,2	33	1,83	19,0	0,065	0,01	0,005	4,01	6,72	138	32
RJ-16-12/10/07	0,33	86,7	30	3,00	23,7	0,047	0,33	0,005	3,61	6,55	77,4	49
RJ-16-01/11/07	1,81	313	26	10,9	31,9	0,108	0,01	0,005	3,03	7,08	198	95
RJ-17-19/06/07	6,86	272	49	3,24	28,5	2,350	0,01	0,005	1,61	6,39	231	68
RJ-17-12/10/07	1,75	294	261	7,90	29,1	2,410	0,22	0,005	0,26	5,92	423	240
RJ-17-01/11/07	3,55	239	60	5,52	27,5	2,934	0,01	0,005	0,10	6,28	159	39
RJ-18-24/01/07	0,210	94,8	10	1,00	17,0	0,014	0,01	0,005	5,54	7,0	55,5	2,7
RJ-18-19/06/07	0,190	91,1	56	1,07	16,2	0,055	0,29	0,005	5,20	6,58	62,3	12
RJ-18-13/08/07	0,100	87,6	38	1,30	0	0,019	0,33	0,005	6,16	6,64	55,6	5
RJ-18-09/10/07	0,130	84,2	32	1,00	10,6	0,019	0,23	0,005	5,45	7,54	100	5,7
RJ-18-10/10/07	3,400	91,1	18	1,00	21,7	0,033	0,24	0,005	6,91	6,85	100	2
RJ-18-12/10/06	0,003	75,7	12	1,60	12,0	0,025	0,01	0,005	6,58	6,93	48,0	2,3
RJ-18-01/11/07	0,250	92,6	12	2,00	14,7	0,086	0,01	0,005	7,01	7,18	46,1	3,2
RJ-18-26/11/07	0,003	85,0	11	1,00	13,1	0,009	0,01	0,005	6,13	7,1	55,9	1,4
RJ-18-27/12/07	0,040	84,0	9	1,00	15,6	0,074	0,01	0,005	6,81	7,05	61,1	1,9
RI-11-19/03/07	0,003	177	6	1,90	15,6	0,082	3,91	0,005	7,40	7,38	101	7
RI-11-31/07/07	0,11	102	9	1,60	9,5	0,039	0,5	0,005	6,32	7,15	69,7	4,3
RI-11-11/12/07	0,003	197	6	1,60	13,8	0,074	0,01	0,005	6,55	7,16	126	2,8
RI-12-19/03/07	0,53	189	11	1,16	9,5	0,051	0,39	0,005	2,92	6,39	99,8	3,1
RI-12-31/07/07	1,02	92,1	7	1,00	9,7	0,027	0,44	0,005	6,42	6,47	62,1	1,2
RI-12-11/12/07	0,29	209	9	1,00	6,5	0,011	0,46	0,005	3,99	6,29	133	2,7
RI-13-19/03/06	0,25	219	8	2,56	18,5	0,068	0,01	0,005	1,67	6,66	123	12
RI-13-31/07/07	1,71	237	9	2,10	15,1	0,038	0,03	0,005	6,32	7,17	82,7	14
RI-13-11/12/07	0,29	294	8	1,50	18,7	0,052	0,82	0,005	3,99	6,69	188	8,2
RI-14-19/03/07	1,56	385	23	7,85	18,8	0,529	0,19	0,005	3,23	7	217	4,4
RI-14-31/07/07	5,25	267	26	1,60	11,3	0,555	0,91	0,084	2,21	6,74	178	4,5
RI-14-11/12/07	2,20	378	10	1,70	15,0	0,802	0,43	0,005	4,85	6,72	240	3,8
RI-15-11/12/07	0,36	191	5	1,40	12,5	0,047	0,01	0,005	7,16	7,22	125	2,4

Continuação da **Tabela 22**

RI-17-19/03/07	0,47	166	7	1,83	14,6	0,016	0,18	0,005	9,07	7,3	91	4,5
RI-17-31/07/07	0,68	98,6	6	1,60	6,8	0,065	0,35	0,005	3,65	6,79	71,4	3,9
RI-17-11/12/07	0,33	190	4	1,10	5,0	0,048	0,21	0,005	6,87	7,16	124	2,5
RI-21-06/04/07	0,62	240	16	3,68	15,3	0,096	0,78	0,01	2,61	7,02	164	4,3
RI-21-10/05/07	0,23	244	14	1,00	22,2	0,109	0,46	0,005	2,09	6,81	162	6
RI-21-11/12/07	0,48	263	12	2,70	22,9	0,112	0,31	0,005	3,21	6,72	170	2,9
RI-22-02/05/07	0,73	228	7	2,73	15,9	0,239	0,01	0,008	4,97	7,13	119	6,2
RI-22-06/04/07	0,45	241	14	3,28	12,1	0,095	0,90	0,01	5,21	6,94	161	4,6
RI-22-10/05/07	1,25	239	12	2,10	17,4	0,057	0,36	0,005	8,41	7,28	158	4,8
RI-22-11/12/07	0,33	256	11	2,40	15,7	0,090	0,05	0,005	5,35	7,22	166	3,1

ANEXO C- Tabela 23 – Resultados de metais e metalóides das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2006

Amostra	Al (µg/L)	B (mg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (mg/L)	Cr (µg/L)	Cu dis. (µg/L)	Fe dis. (µg/L)	Li(mg/L)	Pb (µg/L)	Hg (µg/L)	Mn (µg/L)	V (µg/L)	Zn (µg/L)
RJ-01-04/01/06	4,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,33	4,0	8,0	0,007	5,0	0,37	169,0	0,3	13,7
RJ-01-04/04/06	19,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	284,6	0,001	5,0	0,25	28,4	3,5	3,0
RJ-01-01/12/06	16,7	0,10	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	430,3	0,001	5,0	0,10	65,0	0,4	6,0
RJ-02-04/01/06	4,0	0,05	38,0	0,19	0,04	0,08	4,0	8,0	0,005	12,9	0,05	35,2	0,3	96,4
RJ-02-04/04/06	4,0	0,05	38,0	0,00	0,03	0,00	4,0	175,2	0,00	5,0	0,28	25,7	6,3	3,0
RJ-02-01/12/06	14,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	335,3	0,001	5,7	0,16	20,0	0,4	9,5
RJ-03-04/01/06	4,0	0,18	73,8	0,36	0,05	0,74	4,0	8,0	0,017	12,4	0,18	103,0	0,5	107
RJ-03-04/04/06	82,0	0,00	38,0	0,06	0,03	0,08	1000	58,09	0,001	5,0	0,15	102,0	1,0	25,9
RJ-03-01/12/06	36,5	0,84	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	568,8	0,001	5,0	0,13	24,0	1,9	3,0
RJ-04-04/01/06	4,0	0,09	73,6	0,07	0,06	0,8	4,0	8,0	0,012	7,9	0,19	99,8	1,6	217,0
RJ-04-01/12/06	53,5	1,00	53,7	0,31	0,03	4,95	4,0	568,6	0,002	5,0	0,25	122,0	4,5	38,7
RJ-05-04/01/06	4,0	0,05	95,4	0,21	0,07	2,45	4,0	8,0	0,012	27,1	0,27	725,0	2,1	131,0
RJ-05-04/04/06	26,9	0,00	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	149,4	0,001	5,0	0,38	927,0	0,3	15,2
RJ-05-01/12/06	13,3	0,71	60,2	0,06	0,03	1,59	4,0	364,4	0,001	5,3	0,19	285,0	1,4	3,0
RJ-06-04/01/06	4,0	0,05	38,0	0,19	0,06	0,54	4,0	8,0	0,008	14,0	0,20	127,0	2,3	6,0
RJ-06-04/04/06	379,0	0,00	38,0	0,06	0,06	0,54	1000	182,8	0,001	5,0	0,32	102,0	4,6	21,9
RJ-06-01/12/06	14,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,7	4,0	61,45	0,001	5,0	0,30	40,7	6,8	3,0
RJ-07-04/01/06	4,0	0,06	38,0	0,06	0,05	0,19	4,0	8,0	0,004	6,2	0,40	205,0	0,3	167,0
RJ-07-01/12/06	11,9	0,73	38,0	0,46	0,03	0,74	4,0	56,83	0,001	21,8	0,27	72,7	1,6	21,3
RJ-08-04/01/06	4,0	0,05	38,0	0,13	0,04	0,08	4,0	8,0	0,005	5,0	0,19	51,5	3,2	5,8
RJ-08-04/04/06	9,52	0,00	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	97,41	0,001	5,0	0,41	444,0	43,0	44,4
RJ-08-01/12/06	12,5	0,05	38,0	0,06	0,03	0,74	4,0	56,83	0,001	21,8	0,05	22,1	0,3	6,4
RJ-11-30/05/06	2,00	40,6	38,0	4,0	0,03	0,08	413,8	8,0	6,2	5,0	187,0	0,02	12,9	
RJ-11-01/12/06	2,00	78,7	38,0	4,0	1,02	0,08	443,7	8,0	5,0	5,0	56,7	0,02	6,2	
RJ-12-30/05/06	239	0,05	73,2	0,06	0,03	5,89	4,0	262,3	0,002	5,0	0,05	20,0	0,6	3,0
RJ-12-01/12/06	25	0,29	38,0	0,08	0,03	0,08	4,0	1182	0,001	7,2	0,28	122,0	0,3	24
RJ-13-30/05/06	104,0	0,05	45,8	0,06	0,03	2,12	1000	128,7	0,003	13,0	0,33	49,6	2,6	19,2
RJ-13-01/12/06	248,0	0,27	38,0	0,06	0,03	1,64	4,0	1708,0	0,001	5,0	0,09	142,0	0,3	29,9
RJ-14-30/05/06	4,0		38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	8,0	0,01	5,0	0,18	136,0	1,9	12,1
RJ-14-01/12/06	40,2	0,37	38,0	0,06	0,03	1,17	4,0	145,6	0,001	6,0	0,10	1120,0	0,9	9,1
RJ-15-30/05/06	226,0	0,37	38,0	0,08	0,03	1,48	4,0	474,7	0,002	34,3	0,18	136	1,9	12,1
RJ-15-01/12/06	30,6	0,28	38,2	0,06	0,03	0,08	4,0	2761,0	0,001	11,2	0,16	262,0	6,1	6,90
RJ-16-30/05/06	161,0	0,37	43,5	0,11	0,03	1,26	4,0	411,2	0,003	5,0	0,17	366,0	1,9	27,2
RJ-16-01/12/06	90,0	0,17	67,8	0,06	0,03	2,21	4,0	396,8	0,001	21,5	0,35	516,0	4,2	11,1
RJ-17-01/12/06	62,1	0,21	38,0	0,13	0,03	2,58	4,0	925,9	0,001	29,0		339,0		
RJ-17-10/12/06	92,1	0,08	38,0	0,85	0,03	15,10	2,670	233,7	0,005	92,4	0,21	131,0	0,7	3,0
RJ-18-01/12/06	64,2	0,21	38,0	0,13	0,03	0,08	8000	838,8	0,001	8,4	0,20	40,4	1,2	127,0
RI-11-08/05/06	50,3	0,05	65,2	0,76	0,03	0,08	4,0	325,2	0,001	5	0,05	74,8	0,3	3,0
RI-11-11/12/06	35,8	0,49	44,2	0,16	0,03	0,08	4,0	76,5	0,004	6,6	0,05	37,1	0,3	8,10
RI-12-08/05/06	25,1	0,05	38,0	0,06	0,03	0,58	4,0	127,4	0,001	5,0	0,13	38,7	0,3	3,0
RI-12-11/12/06	14,0	0,50	38,0	0,32	0,03	0,08	4,0	151,7	0,004	8,1	0,05	47,2	0,3	7,4

Continuação da Tabela 23

RI-13-08/05/06	40,2	0,05	38,0	0,45	0,03	1,37	4,0	142,8	0,001	90,9	0,05	76,3	0,3	49,9
RI-13-11/12/06	32,8	0,36	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	130,7	0,002	8,2	0,05	110,0	0,3	11,4
RI-14-08/05/06	30,8	0,05	38,0	0,06	0,03	0,50	4,0	255,7	0,001	10,8	0,13	38,2	0,3	11,3
RI-14-11/12/06	46,0	0,93	98,4	0,08	0,03	0,11	4,0	120,2	0,003	5,0	0,05	90,3	0,3	21,3
RI-15-08/05/06	26,2	0,05	38,0	0,06	0,03	0,08	4,0	80,2	0,001	5,0	0,05	20,0	0,3	15,7
RI-15-11/12/06	36,5	1,00	59,3	0,22	0,03	0,08	4,0	25,7	0,002	22,2	0,05	111,0	0,3	9,90
RI-16-08/05/06	36,9	0,05	38,0	0,16	0,03	2,68	4,0	61,7	0,001	5,0	0,18	23,9	0,3	10,9
RI-16-11/12/06	45,2	0,15	48,8	0,06	0,03	0,08	4,0	19,8	0,004	8,8	0,05	33,4	5,5	9,70
RI-17-08/05/06	130,0	0,49	38,0	0,78	0,03	0,37	4,0	99,7	0,001	5,0	0,05	20,0	0,3	3,0
RI-17-11/12/06	65,8	1,04	39,6	0,73	0,03	0,08	4,0	34,7	0,004	15,5	0,23	20,0	1,0	9,4
RI-21-19/06/06	29,8	0,19	38,0	0,09	0,03	0,63	4,0	150,9	0,005	5,0	0,14	57,4	0,7	21,6
RI-21-06/11/06	58,0	0,05	116	0,06	0,03	0,08	4,0	22,5	0,001	5,0	0,20	20,0	0,3	44,8
RI-22-19/06/06	130,0	0,05	38,0	0,74	0,03	1,05	4,0	203,1	0,005	5,0	0,05	69,1	0,7	17,7
RI-22-06/11/06	34,7	0,05	71,7	0,57	0,03	0,08	4,0	8,0	0,002	5,0	0,17		0,3	3,0

ANEXO D - Tabela 24 – Resultados de metais e metalóides das amostras de água bruta da BHRJ do ano de 2007

Amostra	Al (µg/L)	B (mg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (mg/L)	Cr (µg/L)	Cu dis. (µg/L)	Fe dis. (µg/L)	Li (mg/L)	Pb (µg/L)	Ag (µg/L)	Hg (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (mg/L)	Se (µg/L)	V (µg/L)	Zn (µg/L)
RJ-01-02/06/07	190,0	0,05	38,0	0,08	0,03	2,54	4,0	312,1	0,001	16,5	0,07	0,25	28,4	0,02	4,0	3,5	3,0
RJ-01-26/10/07	22,5	0,05	38,0	0,07	0,03	0,80	4,0	430,1	0,009	15,7							
RJ-02-02/06/07	127,0	0,18	38,6	0,06	0,03	2,47	4,0	189,0	0,001	11,4	0,07	0,28	25,7	0,02	4,0	6,3	3,0
RJ-02-26/10/07	6,5	0,05	95,1	0,16	0,03	0,93	4,0	216,6	0,009	8,1	0,07	2,05	20,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ-03-02/06/07	325	0,40	51,0	0,08	0,03	1,57	4,0	376,9	0,001	18,4	0,07	0,14	27,6	0,02	4,0	0,7	5,7
RJ-03-26/10/07	87,0	0,21	38,0	0,06	0,03	1,42	4,0	210,7	0,005	5,0	0,07	0,05	20,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ-05-02/06/07	42,4	0,05	38,0	0,06	0,03	1,17	4,0	172,4	0,001	17,1	0,07	0,19	285	0,02	4,0	1,4	3,0
RJ-05-26/10/07		0,31	38,0	0,27	0,03	1,17	4,0	172,4	0,001	17,1	0,07	0,13	893,0	0,02	4,0	1,6	7,85
RJ-06-02/06/07	246,0	0,05	38,9	0,08	0,03	4,46	4,0	205,1	0,001	5,0	0,09	0,15	96,4	0,02	4,0	5,7	3,0
RJ-06-26/10/07	6,5	0,05	95,1	0,16	0,03	3,5	4,0	113,1	0,008	5,0	0,07	0,05	20,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ-07-26/10/07	54,1	0,09	96,0	0,13	0,03	2,25	4,0	189,20	0,002	135,0	0,09	0,14	107,0	0,02	4,0	1,1	4,1
RJ-07-30/10/07	87,0	0,19	106,0	0,07	0,04	2,57	4,0	118,00	0,003	0,3							
RJ-08-26/10/07	6,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,91	4,0	62,65	0,009	7,3							
RJ-11-19/06/07	7,4	0,05	38,0	0,06	0,03	0,16	4,0	103,8	0,001	13,5	0,07	0,05	22,1	0,02	4,0	0,3	6,40
RJ-11-26/10/07	7,37	0,05	38,0	0,06	0,03	0,16	4,0	103,8	0,001	13,5	0,07	0,16	109,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ-11-10/12/07	15,9	0,17	38,0	0,06	0,03	3,79	4,0	544,8	0,001	9,4							
RJ-12-19/06/07	15,2	0,06	38,0	0,06	0,03	0,08	8000	159,0	0,001	0,3	0,07	0,05	67,7	0,02	4,0	0,8	3,0
RJ-12-10/12/07	30	0,17	38,0	0,11	0,03	2,76	4,0	409,3	0,001	23,5	0,30	0,13	371,0	0,02	4,0	0,4	3,0
RJ-13-19/06/07	288	0,05	38,0	0,06	0,03	0,10	8000	582,1	0,002	0,3	0,07	0,05	67,7	0,02	4,0	0,8	3,0
RJ-13-10/12/07	4,0	0,05	194	0,19	0,03	2,75	4,0	4142	0,001	339,0	0,07	0,05	20,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ- 14-10/12/07	15,5	0,05	38,0	0,18							0,07	0,05	545,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RJ-15-19/06/07	151,0	0,05	38,0	0,06	0,03	0,17	6000	2458,0	0,003	0,3	0,07	0,10	346,0	0,02	4,0	4,7	33,1
RJ-15-10/12/07	43,5	0,05	38,0	0,44	0,03	2,23	4,0	1648,0	0,001	215,0	0,07	0,05	194,0	0,03	4,0	0,3	3,0
RJ-16-10/12/07	35,7	0,05	38,0	0,10	0,03	2,89	4,0	194,2	0,001	0,3	0,80	0,17	557,0	0,02	4,0	13	41,1
RJ-18-19/06/07	375	0,05	38,0	0,12	0,03	0,33	4,0	227,1	0,001	11,0	0,07	0,37	20,0	0,02	4,0	1,3	36,7
RI - 11-09/04/07	22,7	1,14	38,0	0,19	0,03	0,61	4,0	82,7	0,001	5,0	0,07	0,09	63,0	0,02	4,0	0,3	6,50
RI-11-12/11/07	81,0	0,23	38,0	0,07	0,03	1,62	4,0	77,7	0,004	7,1	0,17	0,05	22,5	0,02	4,0	0,3	3,0
RI-12-12/11/07	61,9	0,30	143	0,09	0,04	0,30	4,0	149,3	0,005	5,9	0,07	0,16	78,8	0,02	4,0	0,3	3,0
RI-13-09/04/07	6,8	0,38	38,0	0,08	0,03	0,23	4,0	80,5	0,001	0,3	0,07	0,16	193,0	0,02	4,0	0,3	9,5
RI-13-12/11/07	9,6	0,31	38,0	0,41	0,04	0,08	4,0	191,3	0,004	5,9	0,07	0,05	85,7	0,02	4,0	0,3	3,0
RI-14-09/04/07	25,9	0,31	38,0	0,06	0,03	0,31	4,0	114,3	0,001	5,0	0,13	0,05	85,9	0,02	4,0	0,3	34,2
RI-14-12/11/07	77,2	0,22	38,0	0,06	0,04	0,61	4,0	242,9	0,005	634,0	0,07	0,10	58,1	0,02	4,0	1,5	3,0

Continuação da **Tabela 24**

RI-15-09/04/07	24,9	0,38	38,0	0,06	0,03	0,67	2000	21,1	0,001	0,3	0,07	0,11	22,8	0,02	4,0	0,3	13,6
RI-15-12/11/07	25,7	0,30	81,2	0,06	0,04	1,19	4,0	38,3	0,007	93,1	0,07	0,05	20,0	0,02	4,0	1,6	3,0
RI -16-09/04/07	19,7	0,34	38,0	0,06	0,03	0,22	4,0	23,8	0,001	0,3	0,07	0,16	20,0	0,02	4,0	1,8	12,9
RI-17-09/04/07	32,6	0,50	38,0	0,06	0,03	0,20	4,0	31,1	0,002	0,3	0,07	0,11	20,0	0,02	4,0	0,5	10,5
RI-17-12/11/07	7,8	0,22	38,0	0,06	0,04	1,13	4,0	16,0	0,006	0,3	0,07	0,05	20,0	0,02	4,0	0,3	3,0
RI-21-05/10/07	13,5	0,05	220	0,13	0,03	1,05	4,0	173,4	0,003	9,5	0,07	0,05	54,3	0,02	4,0	0,8	3,0
RI-22-05/10/07	46,0	0,31	52,6	0,12	0,03	0,33	4,0	119,2	0,002	0,3	0,07	0,11	33,0	0,02	4,0	0,3	4,9
RI -22-05/10/07	46,0	0,31	52,6	0,12	0,03	0,33	4,0	119,2	0,002	0,3	0,07	0,11	33,0	0,02	4,0	0,3	4,9