



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



Avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água para verificar o estado de conservação das represas I, II e III do rio Ipitanga e estabelecer um modelo estatístico de previsão da degradação deste recurso hídrico.

**VIVIANE MARIA MENDES DE MOURA**

Dissertação apresentada, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, à Universidade Estadual de Feira de Santana.

Orientador Prof<sup>ª</sup> Dra. Suzana Modesto de Oliveira Brito

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA**

**Mai/2010**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



Avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água para verificar o estado de conservação das represas I, II e III do rio Ipitanga e estabelecer um modelo estatístico de previsão da degradação deste recurso hídrico.

**VIVIANE MARIA MENDES DE MOURA**

**FEIRA DE SANTANA – BAHIA**

**Maio/2010**

Nº Moura, Viviane Maria Mendes de

Avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água para verificar o estado de conservação das represas I, II e III do rio Ipitanga e estabelecer um modelo estatístico de previsão da degradação deste recurso hídrico.

/ Viviane Maria Mendes de Moura -- Feira de Santana-Ba. 2009.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Suzana Modesto de Oliveira Brito  
Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente) – Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2008.

Referências, Apêndices e Anexos.

1. Recursos Hídricos. 2. Caracterização da Área de Estudo.  
3. Água e Legislação Ambiental. 4 Modelo Georeferencial.  
5. Aspectos Ambientais e Poluição Ambiental I.  
Universidade Estadual de Feira de Santana. II. Brito,  
Suzana Modesto de Oliveira. III. Joanes-Ipitanga.  
IV. Título

## TERMO DE APROVAÇÃO

VIVIANE MARIA MENDES DE MOURA

Avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água para verificar o estado de conservação das represas I, II e III do rio Ipitanga e estabelecer um modelo estatístico de previsão da degradação deste recurso hídrico.

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana, pela seguinte banca examinadora:

---

Artur José Santos Mascarenhas - UFBA

---

Maria de Fátima Mendes Paixão - UEFS

---

Suzana Modesto de Oliveira Brito – Orientador - UEFS

Feira de Santana, maio de 2010

Dedico esta dissertação à minha família, que é a minha principal fonte de incentivo, aos meus filhos para que eles percebam a necessidade de usufruir dos recursos naturais de forma responsável e consciente, colaborando com o desenvolvimento social, econômico e ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Ao INGÁ, em especial ao gestor Júlio Rocha, que acredita na capacitação de seus técnicos como forma de avanço na difusão do conhecimento a fim de melhor cuidar dos recursos hídricos no estado da Bahia, e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), em especial a professora Marjorie Nolasco pelo intenso trabalho na promoção do programa de mestrado. A estas instituições meu especial agradecimento pela oportunidade de crescimento científico e profissional

Aos funcionários da Empresa Baiana de Água e Saneamento S/A - EMBASA, pelas informações importantes e disponibilidade para atender às minhas demandas para realizar este trabalho de mestrado.

A Geneci Braz, gestor da APA Joanes-Ipitanga, pelo apoio e dedicação na região em estudo, excelentes contribuições e oportunidades de reconhecimento da área através das inspeções de campo, assim como o compartilhamento de sua experiência profissional.

A CONDER pelas imagens, informações e disponibilidade em disseminar o conhecimento incentivando a pesquisa no estado. Além da boa intenção dos funcionários em ajudar no desenrolar deste trabalho.

A Deus e meu anjo de guarda, pela constante presença em cada minuto de minha vida e força para superar obstáculos, pois sem Eles nada seria possível.

Agradeço a minha mãe, que me ensina os verdadeiros valores e por me mostrar o caminho do conhecimento como fator de independência, e pelos ensinamentos de perseverança e honestidade como princípios de vida.

Ao meu amado marido pela paciência, incentivo, amor e compreensão nesses momentos difíceis em que o lazer em família foi dividido com o tempo disponível para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus filhos amados pelos momentos incontáveis em que lhes foi negada a minha atenção.

Aos meus irmãos que sempre foram meus eternos e grandes amigos.

À atenciosa e adorável orientadora professora Suzana Modesto de Oliveira Britto pela sua dedicação, orientação, incentivo e confiança, contribuindo muito para a qualidade dessa dissertação.

Aos meus professores pela disposição, paciência, atenção e contribuição de informações importantes e precisas.

Aos meus queridos colegas que compartilharam das mesmas dificuldades dando apoio e incentivo, contribuindo com informações importantes nessa jornada sem fim que é a busca pelo conhecimento e pelo companheirismo.

A Juciane Silva e Tiago Carvalho, funcionários do Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e Ambiente, pelo apoio à realização deste trabalho, pois não mediram esforços para me ajudar.

Agradeço a todos que de alguma forma, mesmo que indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho de pesquisa.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que uma criatura harmoniosamente desenvolvida”.

Albert Einstein.



## RESUMO

Os recursos naturais e a proteção da saúde humana têm papel central nas discussões do mundo contemporâneo. No Brasil, nas últimas décadas, a industrialização, a ocupação irregular e a concentração da população nos centros urbanos aumentaram em proporção acelerada. Devido a essa realidade, muitos conflitos e problemas têm sido gerados, como: aumento do risco de degradação das áreas de abastecimento de água e alimentos; enchentes; redução da biodiversidade e *habitats*, inserção de substâncias tóxicas na cadeia alimentar; poluição das águas por esgotos domésticos e industriais e pela disposição dos resíduos de forma inadequada, dentre outros. A área em estudo está inserida basicamente numa zona urbana de intensa produção industrial, e seus impactos se traduzem em uma problemática ambiental ocasionada pela exploração imobiliária, desmatamento, disposição inadequada dos resíduos e lançamento de efluentes domésticos e industriais sem qualquer tratamento. Deste modo o planejamento de uso e ocupação urbana no entorno das represas I, II e III do rio Ipitanga é de extrema importância, considerando, que seu manancial contribui com 40% do abastecimento da região metropolitana de Salvador (RMS). Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar, segundo critérios estatísticos, se certas características da água das represas Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) e Ipitanga III (IP III), estão sendo alteradas com o passar dos anos, tendo como referência a Resolução 357/05 do CONAMA considerando a influência da emissão de poluentes na água dessas represas decorrentes da ocupação urbana, mediante a quantificação das variáveis DBO, OD, pH, íon amônio, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e temperatura ambiente obtidos a partir dos dados secundários da EMBASA. O coeficiente de correlação de Pearson e a regressão linear foram utilizados para o tratamento dos dados da rede de monitoramento da qualidade da água da EMBASA. O pressuposto considera a avaliação estatística destas variáveis estudadas na água do rio Ipitanga, como um possível instrumento para identificar pontos de melhorias e implantação de um planejamento quanto ao uso e ocupação urbana e preservação ambiental. Apesar do comportamento das variáveis estudadas não ultrapassarem os valores preditos pela Resolução 357/05 do CONAMA, os efeitos antrópicos observados em campo indicam a ocorrência de um processo crescente de degradação do rio Ipitanga a cada ano.

Palavras chave: Represa do Rio Ipitanga, preservação ambiental e qualidade da água.

## ABSTRACT

The natural resources and protection of human health have a central role in the discussions of the contemporary world. In Brazil, for the past decades, the industrialization, the irregular occupation and the concentration of population in urban centers increased in an accelerated proportion. Due to this reality, many conflicts and problems have been created, such: increased risk of degradation in the areas of water supply and food; floods; reduction of the biodiversity and habitats, insertion of poisonous substances in the food chain; pollution of the water by domestic and industrial sewers and by the disposal of the residues in an inadequate way, among others. The area in study is inserted basically in an urban district of intense industrial production, and its impacts are an environmental problem caused by the real estate exploration, deforestation, inadequate disposal of the residues and release of domestic and industrial effluents without any treatment. So, the planning of the use and urban occupation around dams I, II and III of river Ipitanga is of extreme importance, considering, that its waters contributes with 40% of the provisioning of the metropolitan area of Salvador (RMS). Considering these facts, the objective of this work is to evaluate, according to statistical criteria, if certain characteristics of the water of Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) and Ipitanga III (IP III) dams, are being altered through the years, using as reference the Resolution 357/05 of CONAMA considering the influence of the emission of pollutants in the water of those dams because of the urban occupation, by the quantification of the variables DBO, OD, pH, ion ammonium, total phosphorus, turbidity, thermotolerant coliforms and room temperature obtained from the secondary data of EMBASA. The Pearson correlation coefficient and the linear regression were used to treat the data of the monitoring net of quality of water from EMBASA. The presupposition considers the statistical evaluation of these variable studied in the water of river Ipitanga as a possible instrument to identify points of improvement and implementing a plan of use and urban occupation as well as and environmental preservation. Although the behavior of the studied variables doesn't override the values predicted by the Resolution 357/05 of CONAMA, the anthropic effects observed in the field indicate the occurrence of a growing process of degradation of the river Ipitanga year by year.

**Keywords:** Dam of the river Ipitanga, environmental preservation and quality of the water.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1.0. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1.- INTRODUÇÃO .....	2
2.0 OBJETIVOS .....	3
2.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	3
2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
2.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	4
<b>3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
3.1 RECURSOS HÍDRICOS: UMA LINHA DE TEMPO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA .....	7
3.2. POLUIÇÃO HÍDRICA.....	9
3.3 A CAPACIDADE DE AUTODEPURAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS .....	11
3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	13
3.4.1. <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)</i> .....	13
3.4.2 <i>Oxigênio Dissolvido - OD</i> .....	14
3.4.3 <i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i> .....	15
3.4.4. <i>Nitrogênio Amoniacal – Íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</i> .....	17
3.4.5. <i>Fósforo Total</i> .....	19
3.4.6. <i>Turbidez</i> .....	21
3.4.7. <i>Coliformes Termotolerantes</i> .....	22
3.4.8. <i>Temperatura</i> .....	23
3.5. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO .....	25
3.6. REGRESSÃO LINEAR SIMPLES .....	27
<b>4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
6.1. INSPEÇÃO DE CAMPO .....	47
6.2. AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS DADOS OBTIDOS NA EMBASA .....	62
6.3. MATRIZ DE CORRELAÇÃO.....	65
6.4. REGRESSÃO LINEAR SIMPLES .....	68

6.4.1. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga I .....	68
6.4.1.1. Análise dos Dados de DBO .....	68
6.4.1.2. Análise dos Dados de OD .....	70
6.4.1.3. Análise dos Dados do pH .....	71
6.4.1.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $NH_4^+$ ) .....	73
6.4.1.5. Análise dos Dados do Fósforo Total .....	74
6.4.1.6. Análise dos Dados da Turbidez .....	75
6.4.1.7. Análise dos Dados dos Coliformes Termotolerantes .....	77
6.4.2. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga II .....	78
6.4.2.1. Análise dos Dados de DBO .....	78
6.4.2.2. Análise dos Dados de OD .....	79
6.4.2.3. Análise dos Dados do pH .....	80
6.4.2.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $NH_4^+$ ) .....	82
6.4.2.5. Análise dos Dados do Fósforo Total .....	82
6.4.2.6. Análise dos Dados da Turbidez .....	83
6.4.2.7. Análise de Dados dos Coliformes Termotolerantes .....	84
6.4.3. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga III .....	85
6.4.3.1. Análise dos Dados de DBO .....	85
6.4.3.2. Análise dos Dados de OD .....	87
6.4.3.3. Análise dos Dados do pH .....	89
6.4.3.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $NH_4^+$ ) .....	90
6.4.3.5. Análise dos Dados do Fósforo Total .....	91
6.4.3.6. Análise dos Dados da Turbidez .....	92
6.4.3.7. Análise dos Dados dos Coliformes Termotolerantes .....	93
6.5. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS .....	94
<b>7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema do Fenômeno da autodepuração do ecossistema aquático.....	12
Figura 2 – Mapa de localização da APA Joanes-Ipitanga, na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga. Fonte: SEMA, 2010.....	32
Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo da BH do rio Joanes-Ipitanga. Fonte: Menezes, 2006.....	33
Figura 4 – Localização da área de estudo dentro do estado da Bahia.....	34
Figura 5 – Vista aérea da Represa de Ipitanga I. Fonte: EMBASA, 2008.....	35
Figura 6 – Vista aérea da Represa Ipitanga II (a)Comporta, (b) extensão. Fonte: EMBASA, 2008.....	36
Figura 7 – Estrada CIA/Aeroporto. Vista aérea das Represas Ipitanga III e II. Seta aponta o canal-vertedor. Fonte: EMBASA, 2008.....	37
Figura 8 – Modelo do Programa Estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) utilizado.....	45
Figura 9 – Nascente do rio Ipitanga, no município de Simões Filho/BA. Presença de macrófitas na superfície fluvial. Inspeção de campo. 2008.....	47
Figura 10 – Presença de plantas aquáticas em um trecho do Rio Ipitanga, 2006.....	48
Figura 11 – Rio Ipitanga.....	49
Figura 12 – Ocupação desordenada e exploração imobiliária na Represa de Ipitanga I.....	49
Figura 13 – Ocupação desordenada e exploração imobiliária no barramento de Ipitanga III. Fonte: EMBASA, 2008.....	50
Figura 14 – Preparação do terreno para instalação de novas indústrias.....	51
Figura 15 – Supressão vegetal na Represa de Ipitanga I.....	51
Figura 16 – Retirada da mata ciliar no Rio Ipitanga. Fonte: EMBASA, 2008.....	52
Figura 17 – Disposição imprópria de (a) resíduos graxos e (b) lixo urbano Fonte: EMBASA, 2008...	52
Figura 18 – Lançamento das águas servidas das residências em Ipitanga III. Fonte: EMBASA, 2008.53	
Figura 19 – Lançamento de efluentes da Pedreira Valéria e Aratu nas Represas de Ipitanga I e II. Fonte: EMBASA, 2008.....	53
Figura 20 – Vistas aéreas das pedreiras que lançam efluentes nas barragens de Ipitanga I e II: (a) Pedreira Aratu e (b) Pedreira Valéria. Fonte: Inspeção de campo e EMBASA, 2008.....	54
Figura 21 – Atividade de extração mineral. Inspeção de campo, 2008.....	55
Figura 22 – Coloração esverdeada da água da Represa Ipitanga II. Fonte: Inspeção de campo e EMBASA, 2008.....	55
Figura 23 – (a) Processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002.....	57

Figura 24 – (a) Processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002. ....	57
Figura 25 – (a) Processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002. ....	58
Figura 26 – Presença de resíduos acumulados nas margens da represa Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo .....	59
Figura 27 – Agricultura na represa Ipitanga III – Vista margem esquerda, Fonte: Inspeção de campo	59
Figura 28 – Processo de eutrofização em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008 .....	60
Figura 29 – Ocupação urbana inadequada e irregular e resíduos sólidos na superfície da água em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008 .....	60
Figura 30 – Queimadas em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008 .....	61
Figura 31 – (a) Movimentação de terra e (b) processo erosivo na Represa Ipitanga II. Fonte: inspeção de campo, 2008.....	61
Figura 32 – (a) Macroalgas em decomposição e (b) Vegetação típica de água poluída. Barragem de Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008 .....	62
Figura 33 – Diagrama de Dispersão entre Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o P total do Rio Ipitanga .....	67
Figura 34 – Diagrama de Dispersão entre OD e pH do Rio Ipitanga.....	67
Figura 35 – Diagrama de Dispersão entre DBO e Turbidez do Rio Ipitanga.....	68
Figura 36 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP I.....	69
Figura 37 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP I .....	71
Figura 38 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP I.....	72
Figura 39 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP I.....	74
Figura 40 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP I.....	75
Figura 41 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP I.....	76
Figura 42 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP I.....	78
Figura 43 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP II .....	79
Figura 44 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP II.....	80
Figura 45 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP II.....	81
Figura 46 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP II .....	82
Figura 47 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP II.....	83
Figura 48 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP II .....	84
Figura 49 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP II.....	85
Figura 50 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP III .....	86
Figura 51 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP III.....	88
Figura 52 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP III .....	90
Figura 53 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP III.....	91
Figura 54 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP III.....	92

Figura 55 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP III .....	93
Figura 56 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP III .....	94

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Características das Barragens Ipitanga I, Ipitanga II e Ipitanga III.....	38
Tabela 2: Total das amostras analisadas pela embasa nas respectivas barragens .....	44
Tabela 3: Densidade demográfica dos municípios de Camaçari, Candeias, Lauro de Freitas, Salvador e Simões Filho para os anos de 1980, 1991, 2000, 2003 e 2007.....	56
Tabela 4: Resumo das Medidas das Variáveis Independentes na Represa IP I .....	63
Tabela 5: Medidas Resumo das Variáveis Independentes na Represa IP II .....	63
Tabela 6: Medidas Resumo das Variáveis Independentes na Represa IP III .....	63
Tabela 7: Matriz de Correlação de <i>Pearson</i> das Variáveis Estudadas .....	65
Tabela 8: Ajuste do Modelo de Regressão para o pH e o Ano na Represa IP I.....	72
Tabela 9: Ajuste do Modelo de Regressão para o PH e o Ano na Represa IP II .....	81
Tabela 10: Ajuste do Modelo de Regressão para a DBO e o Ano na Represa IP III.....	86
Tabela 11: Ajuste do Modelo de Regressão para o OD e o Ano na Represa IP III .....	88



**LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1: Mapa de drenagem da APA Joanes-Ipitanga, na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga. Fonte: Menezes, 2006. ....	109
Anexo 2: Diagrama Unifilar do Rio Ipitanga. Fonte: IMA (Instituto de Meio Ambiente). Bahia. 2006. ....	109
Anexo 3: Relatório da Rede de Monitoramento da Qualidade da Água feito pela EMBASA. Fonte: EMBASA, 2008. ....	111
Anexo 4: Resolução 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) .....	112
Anexo 5: Artigo apresentado no XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.....	135
Anexo 6: Certificado de apresentação do trabalho.....	156

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental.
ANA	Agência Nacional de Águas.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APA	Área de Proteção Ambiental
BH	Bacia Hidrográfica.
CEEIBH	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CF/88	Constituição Federal de 1988.
CO	Concentração de Oxigênio.
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente.
CS	Concentração de Saturação de Oxigênio Dissolvido.
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio.
DBO5/20	Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias a 20° de temperatura.
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
EPA	United States Environmental Protection Agency / Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto.
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas.
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMA	Instituto de Meio Ambiente
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade das Águas

MMA	Ministério do Meio Ambiente.
OD	Oxigênio Dissolvido.
OEA	Organização dos Estados Americanos.
ONG	Organização Não-Governamental
OMS	Organização Mundial de Saúde.
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
pH	Potencial Hidrogeniônico.
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente.
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos.
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPA	Plano Plurianual do governo federal
RH	Região Hidrográfica
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental.
SEMA	Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.
UC	Unidade de Conservação
UFC	Unidade Formadora de Colônias
VR	Valor de Referência da Resolução 357/05 do CONAMA
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
WWF	World Wildlife Fund

# **1.0. Introdução**

## 1.1.- INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade dos recursos naturais e com a proteção da saúde humana tem papel central nas discussões do mundo contemporâneo. Assim, diante do comprometimento da qualidade de vida, a sociedade vem direcionando suas atenções para os impactos ambientais negativos potenciais de suas atividades, produtos ou serviços. Conseqüentemente, a exigência da população em relação ao planejamento e gestão das cidades é cada vez mais intensificada.

No Brasil, nas últimas décadas, a industrialização, a ocupação irregular e a concentração da população nos centros urbanos aumentaram em proporção acelerada. Devido a esta realidade, muitos conflitos e problemas têm sido gerados, como: aumento do risco de degradação das áreas de abastecimento de água e alimentos; enchentes; redução da biodiversidade e *habitats*, inserção de substâncias tóxicas na cadeia alimentar; poluição das águas por esgotos domésticos e industriais e pela disposição dos resíduos de forma inadequada, dentre outros.

Todavia, é bom lembrar que associado aos consideráveis impactos ambientais negativos nas mais diversas regiões do planeta e as pressões ambientais por parte dos movimentos sociais, o poder público e as organizações estão sendo impulsionados pela busca de políticas públicas efetiva com devida avaliação e controle ambiental. Isto reforçou a urgente necessidade por pesquisas e monitoramento de cenários ambientais, acendendo um campo de interesse aos gestores. Neste contexto, impulsionados pelo avanço das tecnologias e modelos matemáticos que colaboram na interpretação do ambiente real, os tomadores de decisão tendem a utilizar estas ferramentas para melhor diagnosticar e avaliar suas ações.

Especificamente, o planejamento e ordenamento de um ambiente dependem de uma metodologia avaliativa que possibilite aos gestores uma melhor estratégia de uso e ocupação desse ambiente, de modo que seja possível atuar na prevenção dos riscos. Nesta perspectiva, os modelos matemáticos representam instrumentos que contribuem para a interpretação de dados coletados, tornando possível um diagnóstico de uma determinada situação e a posterior formulação de soluções apropriadas, ajudando na gestão dos recursos naturais.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar os dados secundários relacionados aos valores de DBO, OD, pH, íon amônio, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e

temperatura obtidos da EMBASA para as Represas I, II e III do Rio Ipitanga, segundo critérios estatísticos de coeficiente de correlação de acordo com o coeficiente de *Pearson* e de regressão linear. O modelo estatístico gerado permite realizar a avaliação da qualidade da água nessas represas segundo a legislação vigente e fazer previsões sobre a degradação ambiental deste recurso hídrico.

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar se certas características da água das represas Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) e Ipitanga III (IP III), estão sendo alteradas com o passar dos anos, tendo como referência a Resolução 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) mostrada no Anexo 4, considerando a influência da emissão de poluentes na água dessas represas decorrentes da ocupação urbana, mediante a quantificação das variáveis DBO, OD, pH, íon amônio, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e temperatura.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- I. Auditar os dados secundários da rede de monitoramento da qualidade da água obtidos pela EMBASA, no período de 2003 a 2008, indicando possíveis problemas na coleta ou análise das amostras;
- II. Analisar e tratar os dados auditados (eliminação de valores repetidos, identificação de *outliers*, exatidão (qualidade de exato com referência ao cumprimento rigoroso na avaliação dos dados, precisão (exatidão dos dados), acurácia (exatidão de uma operação ou de uma tabela) e controle do erro de digitação)), utilizando modelos matemáticos estatísticos; e
- III. Fazer previsões a médio e longo prazo, tendo como base as variáveis determinadas pelos modelos escolhidos, na tentativa de estabelecer o período de tempo (ano) em que

a água das represas estará atingindo os limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA.

### **2.3 Estrutura do Trabalho**

A idealização deste trabalho surgiu a partir de observações e inspeções de campo na comunidade do entorno do manancial da Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga realizada pelos técnicos do SEMA, INGÁ, IMA e EMBASA. Observando as condições ambientais e a realidade em que vive a comunidade local, caracterizada pela falta de abastecimento de água e saneamento ambiental, surgiu o interesse no tema. Diante de uma situação de desrespeito com a população e a Constituição Federal, que define, no seu artigo 225, o direito a todos de um ambiente ecologicamente equilibrado, e considerando a água como um bem de uso comum e essencial à boa qualidade de vida, impõe-se o dever de defendê-la e preservá-la para as gerações presentes e futuras. Desse modo, os dados de análise de água gerados pela EMBASA a partir da sua rede de monitoramento, foram auditados e tratados estatisticamente, de modo a proporcionar a análise desejada. Este trabalho foi então estruturado da seguinte forma:

No Capítulo 1 faz-se uma introdução ao assunto, trazendo um panorama da necessidade do tratamento dos dados de monitoramento ambiental, assim como a importância da modelagem no trato destes dados. Também são definidos neste capítulo os objetivos deste trabalho e sua estrutura.

No Capítulo 2 é feito um apanhado da fundamentação teórica construída para este trabalho, tratando especialmente das bases conceituais e metodológicas, e da cronologia da legislação brasileira de recursos hídricos, poluição hídrica, autodepuração dos corpos hídricos e dos parâmetros de qualidade da água utilizados nesta pesquisa.

O Capítulo 3 descreve toda a localização e caracterização geográfica da área escolhida para estudo, relatando a função dessas represas e suas relações, os efeitos prejudiciais à este ambiente e os resultados obtidos em inspeções de campo, incluindo um memorial fotográfico destas inspeções.

O Capítulo 4 apresenta a metodologia aplicada enfocando todos os materiais e métodos adotados neste trabalho com base nos critérios estatísticos relacionados aos coeficientes de correlação e à regressão linear simples. Ainda, neste campo foram delimitados os procedimentos e as investigações das variáveis que fazem parte do relatório da EMBASA.

No Capítulo 5 são apresentadas as análises descritivas das variáveis escolhidas, a partir dos critérios de cálculos estabelecidos metodologicamente. Neste item, são estudadas todas as variáveis de cada represa através da matriz de correlação de Pearson, dos diagramas de dispersão e de equações preditoras.

O Capítulo 6 reúne as conclusões obtidas pelas análises das variáveis estudadas e aquelas que apresentaram alterações ou infringiram as recomendações da Resolução 357/05 do CONAMA, assim como algumas previsões para a degradação do manancial estudado.

As Referências consultadas e os mapas e anexos utilizados, bem como as publicações feitas a partir dele são apresentadas no final do trabalho para consultas posteriores.



## **3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordados assuntos relacionados a legislação brasileira de recursos hídricos, fazendo um panorama da evolução da responsabilidade de conservação da boa qualidade da água e dos ambientes aquáticos. Ainda estão reunidas aqui informações sobre a poluição hídrica, capacidade de autodepuração dos corpos hídricos, parâmetros de qualidade da água e a base teórica sobre o tratamento estatístico de dados.

### **3.1 Recursos Hídricos: uma Linha de Tempo da Legislação Brasileira**

O Governo Brasileiro tem um histórico de tentativas de preservação interessante e inovador. Desde muito cedo se considera a água do país como um bem nacional e as primeiras leis tentando controlar o uso desse recurso datam da década de 1930. Considerado inovador, o Código das Águas, a primeira lei a tratar de recursos hídricos no Brasil, foi promulgada em 1934, com objetivo de harmonizar o uso das águas para fins de geração de energia elétrica, agricultura e demais usos (MMA, 2006). Em 1939, pelo Decreto de Lei nº 1.699, foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica. Este foi incorporado pelo Ministério das Minas e Energia criado em 1968, através da Lei nº 3.782 (SILVA, 2000).

A Bacia do São Francisco sempre foi considerada de importância estratégica de modo que, em 1945, criou-se a SUVALE, que se transformou, em 1948, na Comissão do Vale do São Francisco e, em 1974, pela Lei 6.088, na Comissão de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF), destinada a promover o desenvolvimento integrado de áreas prioritárias e a implantação de distritos agroindustriais e agropecuários. Este evento foi considerado o primeiro passo no desenvolvimento tecnológico de gerenciamento de recursos hídricos nacionais, embora com ênfase em água e solo como fatores de desenvolvimento (SILVA, 2000).

Ainda com vistas a regular a exploração da Bacia do São Francisco, em 1948 foi criada a Companhia Hidroelétrica do São Francisco, CHESF, para exploração hidroelétrica do complexo Paulo Afonso, (SILVA, 2000). Em 1960, pela Lei 3.824, torna-se obrigatória a limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais (SILVA, 2000).

A seca no Nordeste sempre foi considerada um problema de ordem política, então várias leis e órgãos foram criados para tentar controlar os eventos de seca. Assim, para definir os casos de

desapropriação por interesse social, cria-se a Lei 4.132, em 1962, e em seguida, em 1964, pela lei 4.593 se disciplina a desapropriação para obras de combate a seca no Nordeste, (SILVA, 2000). Em 1965, pela lei 4.717 se regula a ação popular, e neste mesmo ano, pela lei 4.771, foi instituído o novo Código Florestal (SILVA, 2000). Em 1967, com a lei 5.318, estabelece-se a Política Nacional de Saneamento, juntamente com o Conselho Nacional de Saneamento (SILVA, 2000).

Em 1969, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) assumiu as atribuições do Conselho Nacional de Energia Elétrica, com a atribuição de aplicar o Código de Águas, cuidando do regime hidrológico nacional nos rios de domínio da União, possuindo a competência para outorgar as concessões, as autorizações e as permissões de direitos de usos da água (MMA, 2006).

Entretanto, todo assunto referente à administração dos problemas dos recursos hídricos, até os anos 70, era tratado a partir de políticas específicas de combate aos efeitos das secas e das inundações. Neste período não eram observadas preocupações relativas às necessidades de conservação e preservação, principalmente em razão da abundância relativa de água no país e da percepção de que se tratava um recurso renovável e, portanto, infinito.

Em função dos impactos ambientais ocorridos a partir da década de 70, se intensificou nas discussões e debates a abordagem ambiental e a necessidade de um desenvolvimento econômico mais eqüitativo com a capacidade das reservas naturais. Em 1972, foi realizado um encontro de chefes de Estado para debater as questões sobre meio ambiente e o desenvolvimento, denominada Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e Meio Ambiente, em Estocolmo (Suécia). Este evento ficou conhecido como Conferência de Estocolmo e foi considerado um marco nas discussões sobre o meio ambiente, tendo despertado a atenção do mundo para a gravidade da situação.

A partir deste evento, em 1974, foram iniciadas, pelo Governo Federal Brasileiro, as primeiras experiências em gestão integrada por bacia hidrográfica, em vista das preocupações com a conservação quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos diante do processo de industrialização no país. A criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) refletiu uma destas experiências, cujo objetivo era promover a utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, por meio

da integração dos planos e dos estudos setoriais em desenvolvimento pelas instituições. Neste processo, em agosto de 1981, foi instituída a Lei 6.938, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecendo que a água é um recurso natural renovável, pois consegue se recompor em quantidade por meio do ciclo hidrológico.

No entanto, esse ciclo está sendo afetado pelas diversas atividades antrópicas que afetam o aquecimento global, promovem a redução das recargas hídricas e a contaminação difusa das águas, de modo que a garantia da disponibilidade de água para as gerações atuais e futuras está comprometida (MMA, 2006).

A Constituição Federal de 1988 introduziu um avanço importante em relação à gestão dos recursos hídricos no Brasil, ao considerar a água como um bem de domínio público e ao instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH. Essas medidas foram consolidadas pela Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme a Lei 9.433/97, que evidenciou a importância da água, reconhecendo como bem de valor econômico, ressaltando a necessidade de estruturar e fortalecer uma gestão de forma integrada com efetiva participação social (MMA, 2006).

Essa gestão integrada só é possível quando se conhece os efeitos das ações antrópicas sobre os parâmetros de qualidade da água, visando estabelecer regras de uso e ocupação do solo na tentativa de atender a demanda do crescimento populacional e econômico da região com perspectivas sustentáveis.

### **3.2. Poluição Hídrica**

A poluição hídrica, segundo Lima (1998), caracteriza-se pela alteração da condição natural da água e é decorrente de qualquer mudança na sua qualidade física, química, radiológica ou biológica, causada, principalmente, pela descarga dos esgotos domésticos e industriais, de águas pluviais, efluentes agrícolas e pastagens, deposição direta dos resíduos sólidos, etc.

Segundo Silva e Pruski (2000), as quantidades e a natureza dos constituintes presentes nas águas variam, principalmente, em função da natureza do solo de onde são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido. Analisando a composição da

água natural, teríamos a presença de mais de cinquenta constituintes dissolvidos ou em suspensão, tais como: sólidos dissolvidos ionizados, gases dissolvidos, compostos orgânicos dissolvidos, matéria em suspensão, incluindo microorganismos e matéria coloidal (ESTEVEZ, 1998). A alteração na quantidade desses componentes e a introdução de substâncias que não estão naturalmente presentes na água é que se constitui a poluição.

Uma das formas mais comuns de poluição, a poluição química, compreende os efeitos químicos causados pelo lançamento de esgotos domésticos ou resíduos industriais, causando uma série de alterações no ecossistema aquático. Outras fontes de poluentes que merecem ser citadas são as atividades agropecuárias e a agroindústria, que geram efluentes de composição química variada, como os compostos químicos de boro, bário, cádmio, cloro, cobre, cromo, flúor, fósforo, ferro, manganês, magnésio, nitritos e nitratos, chumbo, selênio, sulfatos e zinco, além de outros, com menor frequência. Algumas destas substâncias tem a capacidade de interferir no pH (potencial hidrogeniônico) da água, criando situações de acidez (pH abaixo de 7,0) ou alcalinidade (pH acima de 7,0), provocando a mortandade de espécies aquáticas. A elevação do teor de nitrogênio amoniacal é causada também por essas fontes e provoca perturbações ecológico-sanitárias (ESTEVEZ, 1998; VON SPERLING, 2007).

Uma possível estratégia de controle da poluição é adequar um sistema de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto, objetivando atingir a qualidade desejada e disponibilidade do recurso hídrico às comunidades. Sem sistemas de abastecimento de água e tratamento de efluentes, a incidência de doenças transmitidas pela água aumenta significativamente, aumentando também o número de óbitos. Entre as enfermidades transmitidas pela água, tem-se o exemplo da cólera, das febres tifóide e paratifóide, *shigella dysenteriae*, intoxicações alimentares, amebíase, infecções intestinais e gastroenterites. No Brasil, segundo dados do DATASUS (2008), essas doenças foram responsáveis por 5% das internações hospitalares realizadas e por 2% dos óbitos em geral.

A poluição decorrente de causas naturais é menos preocupante, pois ocorre de forma mais espaçada e permite a recuperação do aquífero no tempo normal. No entanto, a poluição originada das atividades humanas merece atenção e cuidados especiais. Neste último caso, a introdução de substâncias e componentes poluidores pode ocasionar danos à saúde humana e espécies presentes no ambiente, representando ameaça aos sistemas ecológicos, reduzindo seu potencial autodepurador e regulador, e desequilibrando estruturas na cadeia trófica.

As fontes poluidoras produzem efeitos com intensidades distintas. Segundo informações técnicas e dados da Empresa Baiana de Saneamento Ambiental (EMBASA), atualmente, os mananciais, principalmente os situados em áreas urbanas, apresentam quadros preocupantes a respeito dos níveis de poluição hídrica (PLANARQ, 1997)

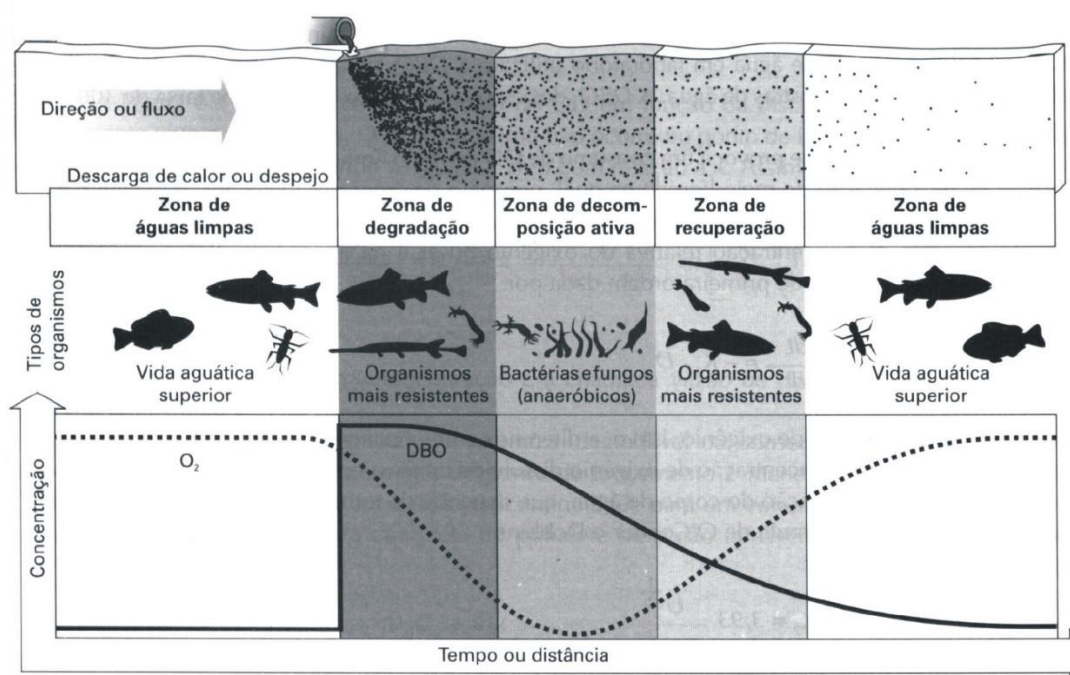
### **3.3 A capacidade de autodepuração dos corpos hídricos**

O fenômeno da autodepuração dos rios caracteriza-se pelo restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, ou seja, do balanço entre as fontes de consumo e as fontes de produção de oxigênio, após as alterações induzidas pelo lançamento dos efluentes de natureza doméstica e/ou industrial (VON SPERLING, 2007). Outro conceito abordado por BRANCO (1986) considera a autodepuração um processo natural de neutralização, diluição, sedimentação e estabilização química que a matéria poluidora sofre ao atingir um curso d'água.

Von Sperling (2007) aborda, também, que a autodepuração é representativa de um fenômeno chamado de sucessão ecológica, na qual ocorre a seqüência de substituições de uma comunidade por outra, até que se estabeleça um equilíbrio com as condições locais. O conhecimento do processo de autodepuração é de grande importância, uma vez que é mais vantajoso saber utilizar a capacidade de assimilação dos rios e impedir o lançamento de despejos acima desta capacidade, do que encarar o alto custo ou a carência de recursos financeiros e tecnológicos para o tratamento desses corpos hídricos.

A Figura 1 representa o esquema do fenômeno da autodepuração do ecossistema aquático. As principais zonas de autodepuração são as zonas de degradação, de decomposição ativa, de recuperação e de águas limpas. A zona de degradação se caracteriza por uma zona logo após o despejo de efluentes, com alta concentração de matéria orgânica. A depender da adaptação dos seres decompositores, se inicia o consumo do oxigênio disponível e proliferação de bactérias aeróbias. Neste processo aumenta a concentração de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) que se converte em ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) reduzindo o pH da água tornando-a acidificada. Como consequência da redução do OD, a água passa a uma condição anaeróbica, gerando a produção do gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e dos odores desagradáveis. Ainda nesta zona, inicia-se a

conversão dos compostos nitrogenados em íon amônio e a evasão ou mortandade de espécies menos adaptadas.



**Figura 1 – Esquema do Fenômeno da autodepuração do ecossistema aquático.**

Fonte: [http://www.cq.ufam.edu.br/Areas/poluicao\\_aquatica/poluicao\\_biologica.html](http://www.cq.ufam.edu.br/Areas/poluicao_aquatica/poluicao_biologica.html), em 06/05/2008

Na próxima zona, a de decomposição ativa, ocorre um estado mais deteriorado da qualidade da água, na qual se acentua um aspecto de degradação da coloração e depósitos de lodo escuro no fundo, predominando um meio totalmente anaeróbico. Tendo em vista o acréscimo de bactérias e a redução na disponibilidade do alimento, inicia-se a diminuição destes microorganismos. No final desta zona verifica-se ainda a oxidação do íon amônio em nitrito e o surgimento das hidras, esponjas, musgos, crustáceos, moluscos e peixes.

Na zona de recuperação, os depósitos de lodo sedimentados no fundo apresentam uma textura mais granulada e não tão fina. Depois da matéria orgânica consumida e transformada em compostos inertes, o consumo de OD fica mais reduzido, permitindo, através do ar atmosférico, a introdução e incremento do oxigênio na massa líquida. Com isso, o meio passa para uma condição de aerobiose e ingresso de novas espécies de fauna e flora aquática.

Estando o íon amônio convertido em nitritos e estes em nitratos, e o fósforo em fosfatos, ocorre a produção de sais minerais que são bons alimentos para algas.

Esse ambiente propício, devido a maior transparência da água e presença de nutrientes, possibilita o desenvolvimento das algas (primeiro as algas azuis, na superfície, depois os flagelados e algas verdes). Estes microorganismos, através do seu processo de fotossíntese, liberam oxigênio para o meio e promovem novamente a diversidade da cadeia alimentar, gerando alimentação para as primeiras espécies.

Na seqüência, a quarta zona, é a de águas limpas, onde a aparência da água começa a se aproximar das condições normais anteriores à poluição, normalizando o teor de OD, de matéria orgânica e de bactérias, e o ecossistema atinge novamente um certo equilíbrio.

Mesmo reconhecendo o poder de autodepuração dos corpos hídricos, a água deve ser utilizada de modo que após o seu uso, seja devolvida para o meio aquático sem alterar as suas propriedades físicas, químicas e biológicas, caso contrário a capacidade de autodepuração ficará comprometida. Nesta perspectiva, é importante programar estratégias adequadas para tratar os focos de poluição hídrica, objetivando atingir a qualidade desejada para o uso da população. Algumas formas de controle da poluição por matéria orgânica podem ser promovidas pelo tratamento dos esgotos; controle da poluição difusa; regularização da vazão do curso d'água; aeração e tratamento do curso d'água, aeração dos esgotos tratados e alocação de outros usos.

### **3.4 Parâmetros de Qualidade da Água**

A qualidade da água pode ser avaliada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Neste trabalho foram abordados os parâmetros de DBO, OD, pH, íon amônio, fósforo total, turbidez, coliformes termotolerantes e temperatura, que são considerados importantes para o controle de qualidade e bons indicativos da degradação de mananciais.

#### **3.4.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)**



A  $DBO_{5,20}$  é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável, durante um período de tempo de 5 dias, numa temperatura de incubação específica de 20°C (VON SPERLING, 2007).

Segundo Esteves (1998), o aumento da DBO está relacionado com a presença de dejetos de origem predominantemente orgânica, seja pelo aumento da população, da industrialização, do uso de fertilizantes químicos na agricultura e produtos de limpeza, dentre outras causas.

A presença de matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos acima da capacidade de autodepuração do meio é uma das principais causas de poluição das águas. O aumento da quantidade de matéria orgânica pode provocar o aumento da concentração de nutrientes causando crescimento acelerado de algas e bactérias (eutrofização), o aumento do consumo de oxigênio, que causa o desaparecimento de espécies aquáticas e promove a formação de gases nocivos (gás sulfídrico e metano), dentre outros efeitos (VON SPERLING, 2007).

Desta maneira, a DBO constitui, geralmente, um bom indicador do comprometimento das condições de um corpo d'água, do teor de matéria orgânica e do consumo do oxigênio dissolvido para estudos que tenham por objetivo a preservação das condições ecológicas dos mananciais (VON SPERLING, 2007).

Na Resolução CONAMA de n.º 357/05, o valor permitido de DBO, para águas doces classe I corresponde a valores até 3 mg/L  $O_2$ ; na classe II a 5 mg/L  $O_2$  e classe III de até 10 mg/L  $O_2$ . No entanto, os limites de DBO estabelecidos para as águas doces de classes II e III, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigenação previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura (zona de depuração).

### **3.4.2 Oxigênio Dissolvido - OD**

O oxigênio é um dos gases dissolvidos mais importantes na dinâmica, caracterização de ecossistemas aquáticos e no controle operacional de estações de tratamento de esgotos. Os níveis de oxigênio dissolvido têm papel determinante na capacidade de um corpo d'água

natural para manutenção da vida aquática, além da sustentação dos processos naturais de autodepuração (VON SPERLING, 2007). As principais fontes de oxigênio são a atmosfera, a fotossíntese e fontes antropogênicas, pela introdução de aeração artificial. Por outro lado, as perdas do oxigênio no meio hídrico ocorrem através do consumo para decomposição da matéria orgânica, possíveis perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como o ferro e manganês.

A medição do teor de oxigênio dissolvido (OD) pode avaliar os efeitos dos resíduos oxidáveis sobre as águas receptoras e sobre a eficiência do tratamento dos esgotos, durante o processo de oxidação bioquímica. Valores de OD superiores a 9,2 mg/L (saturação) indicam a presença de algas com geração de oxigênio puro, e valores próximos a 0 mg/L (depleção do oxigênio) indicam a presença de matéria orgânica disponível (CONAMA, 357/2005; VON SPERLING, 2007).

Sobre as variações diárias das concentrações de oxigênio, Esteves (1998), afirma que ocorrem por causa dos processos de fotossíntese e respiração e/ou decomposição. Estes processos, por sua vez, estão diretamente relacionados com intensa luminosidade e a temperatura.

As bactérias aeróbicas em seus processos respiratórios utilizam o oxigênio para decompor a matéria orgânica do meio, reduzindo, assim, a sua concentração. Este fenômeno pode ocasionar morte de seres aquáticos. Para Von Sperling (2007) algumas espécies de peixes mais sensíveis podem morrer com valores de OD em torno de 4 a 5 mg/L. Ao atingir valor igual a 2mg/L praticamente todos os peixes morrem. Ao consumir todo oxigênio do meio, inicia-se o processo da condição de anaerobiose pela proliferação de organismos anaeróbicos. Neste caso pode ocorrer a geração de maus odores.

De acordo com os critérios estabelecidos para Resolução CONAMA 357/05, os valores de OD, para águas doces de classe I, devem estar acima de 6 mg/L O<sub>2</sub>; para as de classe II não inferior a 5 mg/L de O<sub>2</sub> e as de classe III não inferior a 4 mg/L de O<sub>2</sub>.

### **3.4.3 Potencial Hidrogeniônico – pH**

A acidez e a alcalinidade da água são produzidas pela presença de sólidos e gases dissolvidos no meio hídrico, tanto oriundos de fonte natural, a exemplo da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, como de causa antropogênica, pela presença de lançamento de efluentes domésticos e industriais.

O potencial hidrogeniônico é um parâmetro que representa a concentração de íons hidrônio  $\text{H}_3\text{O}^+$ , em escala logarítmica (Equação 1) podendo variar seu valor na faixa entre zero a quatorze (em meio aquoso).

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

O pH define o caráter ácido ( $\text{pH} < 7$ ), alcalino ( $\text{pH} > 7$ ) ou neutro ( $\text{pH} = 7$ ) de uma solução. Valores muito altos ou muito baixos de pH podem ser indicativos da presença de efluentes industriais ou associados à proliferação de algas, ao desaparecimento dos seres de vida aquática e dos microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Pode ocorrer também alteração do sabor da água, impossibilidade de uso dessa água na agricultura e corrosão dos sistemas de distribuição de águas que, por sua vez, influencia no controle da operação de estações de tratamento de água e esgoto. Variações de pH também podem provocar a precipitação de metais, como ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, dificultando a descontaminação das águas.

Nas estações de tratamento e abastecimento de água, o controle do pH afeta diversas etapas como coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza. A coagulação e floculação são processos unitários que dependem do pH, existindo uma condição denominada "pH ótimo" de floculação, correspondente à situação em que as partículas coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial, fazendo com que o processo de remoção de impurezas seja mais eficiente. Na desinfecção pelo cloro, se o meio estiver ácido, a ionização do ácido hipocloroso formando hipoclorito é menor, tornando o processo mais eficiente. Por isso, o pH da água necessita ser constantemente corrigido durante todo o processo de adição de produtos químicos para tratamento. Alterações de pH em águas de abastecimento podem aumentar os custos com reagentes para ajuste de pH e diminuir a eficiência dos tratamentos que tornam a água potável.

De acordo com Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde, recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 e nos critérios estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA, os valores de pH para as águas doces variam entre 6,0 a 9,0. Segundo LAURENTI (1997) o valor do pH de águas naturais, encontra-se entre 4 e 9, com tendência levemente básica pela presença de carbonatos e bicarbonatos.

#### **3.4.4. Nitrogênio Amoniacal – Íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ )**

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Segundo Esteves (1998) e Von Sperling (2007), esse elemento é considerado um dos componentes básicos da biomassa pela participação na formação de proteínas. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos de várias formas, podendo ser encontrado na forma de nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.) ou nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia (livre,  $\text{NH}_3$ , e ionizada,  $\text{NH}_4^+$ ).

Conforme ESTEVES (1998), quando se encontram referências sobre a concentração de amônia, na maioria dos casos estas estão englobando as concentrações das duas formas de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ ). Altas concentrações de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) podem alterar a dinâmica do oxigênio dissolvido no meio, uma vez que para oxidar 1,0 mg de íon amônio são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio, comprometendo a sobrevivência da comunidade de peixes. Em pH básico, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) se transforma em íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que pode ser tóxico a depender da concentração. A oxidação da amônia e do íon amônio leva a formação de nitritos e nitratos, conhecidos agentes tóxicos (VON SPERLING, 2007).

Von Sperling (2007) ressalta que as principais fontes de nitrogênio podem ser naturais, na forma de chuva, atmosfera, fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, ou antropogênica, a partir dos efluentes domésticos, industriais, excremento de animais e fertilizantes.

Como visto, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato, sendo as duas primeiras nas formas reduzidas e as duas últimas,

formas oxidadas, podendo-se associar a idade da poluição com relação às formas de nitrogênio. Deste modo, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2008).

Os compostos nitrogenados são, em grande parte, responsáveis pelo processo de eutrofização, que ocorre quando o nitrogênio é descarregado nas águas naturais juntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocando o enriquecimento do meio, ou seja, tornando-o mais fértil e possibilitando o crescimento em maior extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas. Estas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos usos que se possam fazer dessas águas, prejudicando seriamente o abastecimento público ou causando poluição por morte e decomposição. Por conta da multiplicidade de fontes, o controle da eutrofização pela redução do aporte de nitrogênio compromete o aspecto ecológico, porque as espécies necessitam do nitrogênio para suas atividades metabólicas, e por ser um gás difunde-se na atmosfera, impedindo sua fixação no meio (SILVA, 2006; VON SPERLING, 2007).

Considerando os processos de tratamento de esgotos, nos reatores biológicos dessas estações, o carbono, o nitrogênio e o fósforo, têm que estar em proporções adequadas para possibilitar o crescimento celular sem limitações nutricionais. De acordo com a composição das células dos microrganismos que atuam nos tratamentos, costuma-se exigir uma relação  $DBO_{5,20}:N:P$  mínima de 100:5:1 em processos aeróbios e uma relação  $DQO:N:P$  de pelo menos 350:7:1 em reatores anaeróbios (VON SPERLING, 2007). Deve ser notado que estas exigências nutricionais podem variar de um sistema para outro, principalmente em função do tipo de substrato. Os esgotos sanitários são bastante diversificados em compostos orgânicos, já alguns efluentes industriais possuem composição bem mais restrita, com efeito sobre o ecossistema a ser formado nos reatores biológicos para o tratamento e sobre a relação  $C/N/P$  (CETESB, 2008).

Desta forma, o nitrogênio é um componente de grande importância em termos da geração e do controle da poluição das águas, por conta de ser indispensável para o crescimento de

organismos responsáveis pelo tratamento dos esgotos, atuar como fertilizante na agricultura, caracterizar as águas de abastecimento e residuais brutas e tratadas, além de ser um elemento fundamental na formação de proteínas para o metabolismo de ecossistemas aquáticos (ESTEVEES, 1998; VON SPERLING, 2007).

A amônia é bastante tóxica à vida dos peixes, pois ao ser oxidada biologicamente provoca a redução do oxigênio dissolvido. Além disso, muitas espécies não suportam concentrações de amônia acima de 5 mg/L. Conforme Resolução CONAMA 357/05, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. Nesta Resolução, os valores de nitrogênio amoniacal total correspondem a 3,7 mg/L N para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/L N para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 1,0 para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; e 0,5 p/  $\text{pH} > 8,5$ . Ainda no artigo 10, inciso 3 da referida Resolução, menciona-se que para águas doces de classe I e II, o valor de nitrogênio total, após oxidação não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos. 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.

### **3.4.5. Fósforo Total**

O fósforo pode ser utilizado como parâmetro de caracterização de águas residuárias brutas e tratadas e caracterização de corpos d'água. O fósforo é um elemento que tem participação nos processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como, o armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e formação e estruturação da membrana celular (através dos fosfolipídios) (ESTEVEES, 1998).

Além de ser fator limitante de produtividade das águas continentais, o fósforo é, também, apontado como o principal responsável pela eutrofização (aumento da concentração de nutrientes) do meio aquático. A ocorrência de níveis elevados de nitrogênio e fósforo (nutrientes) presentes nos ecossistemas aquáticos possibilita um ambiente adequado ao crescimento das cianobactérias, microorganismos procarióticos autotróficos. Estes microorganismos são capazes de produzir toxinas com efeitos adversos a saúde.

As principais fontes de fosfato presente nos ecossistemas aquáticos podem ser de origem natural ou antropogênica. Dentre as fontes naturais podem ser apontadas a dissolução de compostos do solo, material particulado presente na atmosfera, decomposição de matéria orgânica e fósforo de composição celular de microorganismos. As fontes antropogênicas são principalmente os despejos domésticos e industriais, material particulado de origem industrial contido na atmosfera, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes.

O fósforo na água encontra-se na forma iônica e na forma complexa, sob a forma de fosfato. As principais formas de fosfato se agrupam como fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido; fosfato inorgânico dissolvido, fosfato total dissolvido e fósforo total. Do ponto de vista limnológico, todas as formas ou frações de fosfato são importantes, no entanto, o fosfato inorgânico dissolvido é o mais importante por ser assimilado pelos vegetais aquáticos (ESTEVES, 1998). Os ortofosfatos se apresentam nas formas de  $\text{PO}_4^{3-}$  (Fosfato),  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Monohidrogenofosfato),  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Dihidrogenofosfato) e  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (Ácido fosfórico). Estas formas dependem do pH da água e são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples (VON SPERLING, 2007).

O conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução 357/05, define o limite do fósforo total, para os rios de classe II, valor de até 0,03 mg/L, em ambientes lênticos; e, de até 0,1 mg/L, em ambientes lóticos, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, em tributários diretos de ambiente lêntico.

É, portanto, necessário que sejam atendidos os limites estabelecidos pela Resolução citada, a fim de não comprometer a qualidade das águas do rio, limitando a sua capacidade de autodepuração e causar sérios problemas ambientais nestes locais. Portanto a adoção de medidas preventivas e corretivas de controle de esgotos e da drenagem pluvial é muito importante no que diz respeito à redução da carga de fósforo no meio. Tais medidas corretivas (VON SPERLING, 2007) podem incluir estratégias como processos mecânicos que compreendem a aeração, desestratificação, aeração do hipolímnio, remoção dos sedimentos, cobertura dos sedimentos, retirada de águas profundas, remoção de algas, remoção de macrófitas e sombreamento, associadas a processos químicos, pela precipitação de nutrientes, uso de algicidas, oxidação do sedimento com nitratos, neutralização e a processos biológicos, pela biomanipulação, uso de cianófagos e uso de peixes herbívoros.

### 3.4.6. Turbidez

Turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, colóides), matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, organismos microscópicos e algas. A característica da água e as partículas de carbono interferem negativamente na medida da turbidez. A origem dos materiais que causam a turbidez da água pode ser o solo (quando, principalmente, não há mata ciliar), a mineração (como a retirada de areia ou a exploração de argila), as indústrias e o esgoto doméstico, lançado no manancial sem tratamento.

A turbidez da água é uma conseqüência direta do arraste e da deposição dos sedimentos no leito dos lagos e reservatórios e apresentam danos ecológicos tais como o impedimento à penetração da luz solar, dificultando a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas, o recobrimento dos ovos de peixes e invertebrados bênticos (que vivem no fundo) e a interferência na capacidade dos peixes em se alimentar e se defender dos seus predadores (ESTEVEZ, 1998). Além disso, a turbidez é uma medida da qualidade estética da água.

Em geral, as águas de lagos, lagoas, açudes e represas apresentam baixa turbidez, porém os valores podem variar em função dos ventos e das ondas que, em águas rasas, podem revolver os sedimentos do fundo. Geralmente após uma forte chuva as águas dos mananciais de superfície podem ficar turvas graças ao arraste dos sedimentos das margens pela enxurrada. Sendo assim, os solos argilosos e as águas em movimentação ocasionam turbidez.

A turbidez é medida com um turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Neste caso, quanto maior o espalhamento maior será a turbidez. A unidade de medida da turbidez é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). As amostras devem ser analisadas, geralmente, no local da coleta (que deve ser feita em recipiente de vidro ou de PVC bem limpos), pois a turbidez pode mudar se a amostra for armazenada por certo tempo. Geralmente essa medida é feita no local, com turbidímetros portáteis.

Conforme Resolução 357/05 do CONAMA, para águas naturais doces de classe I, o valor permitido refere-se a 40 UNT e para classe II e III corresponde a 100UNT. Para este estudo



aplicaremos o valor referente às águas doces de classe II, pois o rio Ipitanga está enquadrado nesta classe.

Segundo VON SPERLING (2007) as águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons de ferro, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar.

### **3.4.7. Coliformes Termotolerantes**

A Resolução nº 357/05 do CONAMA, menciona a definição dos coliformes termotolerantes como bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, caracterizadas pela atividade da enzima galactosidase. Essas bactérias caracterizam-se por se desenvolverem em ambientes contendo agentes tensoativos (detergentes, solventes, umectantes e emulsionantes) e capacidade de fermentar a lactose nas temperaturas de 44°C a 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

A *Escherichia coli* (E.Coli), por exemplo, é uma espécie de bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas. Segundo Resolução nº 357 do CONAMA, E. Coli poderá ser determinada em substituição à variável coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Para as águas doces de classe I, segundo indicado pela Resolução CONAMA 357/05, o valor de referência para coliformes termotolerantes “para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.”.

Em relação às águas doces classe II, conforme a Resolução 357/05 do CONAMA, os limites permitidos para coliformes termotolerantes em água usada para recreação de contato primário deverá obedecer a Resolução CONAMA nº 274/00. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

No caso das águas doces de Classe III, as condições e padrões de coliformes termotolerantes “para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral” (Resolução CONAMA 357/05).

### **3.4.8. Temperatura**

A temperatura exerce influência sobre algumas propriedades físicas e químicas da água, como a tensão superficial, a densidade, a viscosidade e a agitação térmica das moléculas da água. Além disso, a temperatura influencia na concentração de gases dissolvidos, podendo causar alterações na quantidade de oxigênio disponível para oxidação de matéria orgânica.

O regime térmico de corpos d'água situados no continente depende fundamentalmente do regime de energia radiante disponível e da propagação de calor na água, sendo o transporte de massa do próprio líquido a forma mais eficiente de propagação calorífica. A coluna de água pode ficar estratificada termicamente de diferentes formas, com padrões variáveis mesmo dentro de uma região, em função de elementos climáticos, como radiação solar e ventos, e de fatores específicos dos ecossistemas, como sua morfometria (ESTEVES, 1998).

Outro fator que influencia no acréscimo da temperatura da camada superficial da água é a presença de partículas em suspensão localizadas próximo à superfície que podem absorver calor adicional da luz solar (ESTEVEVES, 1998).

A tensão superficial da água é uma atração molecular na interface líquido-ar formada pela força de coesão existente entre as moléculas vizinhas no interior da água. Ela decresce com o aumento da temperatura e com a quantidade de substâncias orgânicas dissolvidas. Dentre estas substâncias, as mais importantes são os ácidos húmicos e substâncias excretadas por algumas algas e por macrófitas aquáticas (ESTEVEVES, 1998). Atualmente, devido ao descarte de efluentes domésticos e industriais, se intensificou a presença de compostos com substâncias tensoativas que reduzem a tensão superficial da água, como os detergentes e sabões em pó. Estes, segundo Von Sperling (2007), podem causar grandes prejuízos às comunidades aquáticas que vivem na superfície da água e aumentar a evaporação, reduzindo o nível de água em lagos e rios.

A temperatura é um dos principais fatores que influenciam a densidade, pois o volume de uma substância pode variar (contração ou expansão) dependendo de sua temperatura. A densidade da água aumenta com a diminuição da temperatura e alcança seu valor máximo a aproximadamente 4°C ( $1000\text{g}/\text{dm}^3 = 1$ ). Em temperaturas menores a densidade da água volta a diminuir, por causa do arranjo das moléculas, que se torna mais aberto. No inverno de regiões de alta latitude, a parte congelada (menos densa) fica na superfície, enquanto as camadas mais profundas permanecem a aproximadamente 4°C (ESTEVEVES, 1998). Sendo assim, esta camada de gelo superficial exerce importante função de isolamento térmico, impedindo que grandes massas de água se congelem e que espécies aquáticas possam sobreviver durante o inverno, migrando da superfície congelada para as regiões com temperaturas mais elevadas. Alterações na densidade da água alteram esse comportamento, fazendo com que ocorram alterações importantes nos ecossistemas, provocando morte de espécies.

Outra característica influenciada pela temperatura da água e por sais dissolvidos é a viscosidade, que remete a capacidade da água em oferecer resistência ao movimento dos organismos e partículas presentes nela. A relação entre a viscosidade e temperatura é inversamente proporcional (ESTEVEVES, 1998). Para efeitos práticos, isso significa que se a temperatura for 30°C, um organismo planctônico (conjunto de organismos que não dispõem

de movimentos próprios capazes de se opor aos movimentos da água) afunda duas vezes mais rápido do que a 5°C, considerando as mesmas condições. Desta forma, em ambientes tropicais com temperaturas superiores a 25°C, estes organismos devem desenvolver mecanismos mais eficazes para reduzir seu tempo de afundamento do que em lagos temperados.

A temperatura influencia também na movimentação das moléculas. Quanto maior a temperatura, mais agitadas as moléculas se encontram. Isso altera a capacidade de dissolução da água para gases e sais minerais, alterando a capacidade de processamento de matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes para as espécies aquáticas.

Segundo a Resolução 357/05 do CONAMA, as condições de lançamento de efluentes devem proporcionar uma temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura.

As variáveis discutidas acima foram escolhidas para serem avaliadas neste trabalho, por serem as de maior impacto sobre a qualidade de um corpo hídrico. Além disso, durante a auditoria dos dados verificou-se que essas variáveis eram as que apresentavam uma maior consistência na periodicidade das determinações sendo, portanto, mais adequadas para a realização de previsões a médio prazo.

### 3.5. Coeficientes de Correlação

O coeficiente de correlação amostral de Pearson,  $r$ , é uma medida estatística que mede o grau de associação entre duas variáveis, sendo sua variação entre -1 e 1. Quanto mais próximo dos extremos do intervalo de variação, mais correlacionadas estão as variáveis em questão.

A fórmula para o cálculo do coeficiente de correlação é dada por:

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2\right)\left(\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2\right)}}, \text{ Equação 2}$$

em que  $x_j$  e  $y_j$  são os valores das características (variáveis)  $X$  e  $Y$ , respectivamente, na amostra  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$ , são as médias aritméticas simples dessas variáveis, e  $n$  é o número de observações amostrais. Para utilização deste coeficiente, as variáveis em estudo devem ser, por natureza, contínuas, ou seja, assumem valores no campo dos reais.

Antes de fazer o cálculo de  $r$ , é necessário avaliar graficamente se a relação entre as variáveis é linear. Isto pode ser feito através do diagrama de dispersão. Em um dos eixos se coloca os valores de uma das variáveis e no outro o da outra variável com a qual se quer avaliar a relação. É esperado que os pontos traçados estejam próximos de uma reta, pois se isso acontece, diz-se que existe uma relação linear entre as variáveis e o coeficiente de correlação pode então ser calculado, para quantificar a magnitude desta relação.

Diz-se que existe relação perfeita entre as variáveis se  $|r|=1$ , reafirmando que quanto mais próximo  $r$  estiver de 1 ou -1, mais forte é a correlação, e quanto mais próximo de zero, mais fraca é a correlação.

Se  $r < 0$ , tem-se que a relação entre as variáveis é linear negativa, logo, a medida que cresce uma das variáveis, a outra decresce. Já se  $r > 0$ , a relação entre as variáveis é linear positiva, assim, à medida que aumentam os valores de uma das variáveis os valores da outra também aumentam.

Comumente, quando se tem interesse em estudar a relação entre várias variáveis em um mesmo trabalho, se utiliza a matriz de correlação, que contém todos os valores de  $r$  para cada par de variáveis, esta matriz é dada a seguir:

$$R = \begin{pmatrix} \text{Variáveis} & A & B & \dots & Z \\ A & 1 & r_{AB} & \dots & r_{AZ} \\ B & r_{AB} & 1 & \dots & r_{BZ} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z & r_{AZ} & r_{BZ} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \text{Equação 3}$$

A matriz de correlação  $R$  é simétrica, ou seja,  $r_{ij} = r_{ji}$ , e a sua diagonal é formada por um (1), pois a correlação entre as mesmas variáveis é matematicamente igual a 1,  $r_{ij} = 1$  se  $i=j$ .

É importante ressaltar que o coeficiente de correlação não indica uma relação de causa e efeito. Em outras palavras, se duas variáveis  $X$  e  $Y$ , apresentam coeficiente de correlação alto, não significa que estas variáveis realmente estejam diretamente relacionadas, e que dada uma variação em  $X$ , isso necessariamente levará a uma variação em  $Y$ .

### 3.6. Regressão Linear Simples

A regressão linear é uma técnica estatística rotineiramente aplicada em várias ciências, e tem por objetivo prever uma variável dependente (Resposta)  $Y$  através de variáveis independentes (Preditoras)  $X$ 's, quando existe relação linear entre essas variáveis.

O modelo de regressão linear simples, quando apenas uma variável preditora é utilizada para explicar a variável resposta, é definido de acordo com a seguinte equação matemática:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \text{ Equação 4}$$

em que  $\beta_0$  é o coeficiente linear (intercepto),  $\beta_1$  é o coeficiente angular, que mede a magnitude da relação entre  $Y_i$  e  $X_i$ , e  $\varepsilon_i$  é o termo aleatório do modelo, comumente chamados erros.

Para que seja feita uma boa predição da variável resposta, alguns pressupostos devem ser satisfeitos no modelo de regressão linear simples, sendo eles:

1. Linearidade entre as variáveis dependente e independente;
2. Erros não correlacionados, ou seja, o erro associado à  $i$ -ésima observação é independente do erro associado à  $j$ -ésima observação para  $i \neq j$ ;
3. Os erros seguem uma distribuição de probabilidade simétrica em torno do zero, chamada distribuição normal, ou seja, espera-se que em média o erro associado à predição de  $Y_i$  seja zero. Em notação matemática, utiliza-se o operador  $E$  que denota a esperança matemática, assim,  $E(\varepsilon_i) = 0$ ;
4. Os erros têm variâncias comuns, ou seja, para todo  $i$  as variâncias de  $\varepsilon_i$  são constantes e iguais a  $\sigma^2$ .

Dos itens 3 e 4, têm-se que a distribuição de probabilidade associada aos erros, é uma distribuição normal com média 0 e variância  $\sigma^2$ , ou seja,  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \forall i$ , este fato é importante para fazer inferência sobre os parâmetros  $\beta_0$  e  $\beta_1$ .

Como o interesse da regressão linear é estudar a relação entre a variável dependente e a variável independente para fazer previsão de valores populacionais com base em observações amostrais, é necessário estimar os parâmetros da equação,  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , de forma a minimizar os erros totais que podem ser cometidos ao fazer as estimações. Para isso, é necessário minimizar  $SQE = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$ , em que  $n$  é o número de elementos da amostra. Da equação (1), segue que  $\varepsilon_i = Y_i - (\beta_0 + \beta_1 X_i)$ . Para cada valor de  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , tem-se um valor para SQE, e a solução de mínimos quadrados ordinários (MQO) é aquela que minimiza essa soma. Então, o problema se resume a encontrar o mínimo de uma função de duas variáveis, no caso,  $\beta_0$  e  $\beta_1$  (ver Morettin, Hazzan e Bussab, 2005). Derivando em relação a  $\beta_0$  e  $\beta_1$  e igualando a zero, observa-se que as soluções de  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$ , são dadas por:

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} \text{ e } \hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \bar{X}^2} \text{ Equação 5}$$

em que  $\hat{\beta}_0$  e  $\hat{\beta}_1$  são os estimadores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  respectivamente,  $\bar{Y}$  é a média aritmética da variável resposta e  $\bar{X}$  é a média aritmética da variável preditora.

Aplicando a esperança matemática na equação (1), tem-se que  $E(Y_i) = E(\beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i) = E(\beta_0 + \beta_1 X_i) + E(\varepsilon_i)$ . Como  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $X_i$  são fixos, ou seja, não têm distribuição de probabilidade associada a eles, segue que  $E(\beta_0 + \beta_1 X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$ , e foi visto também que  $E(\varepsilon_i) = 0$ , então  $E(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_i$ . Contudo, os valores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são desconhecidos, por isso se estima  $E(Y_i)$ , substituindo-os por seus estimadores, resultando em  $\hat{E}(Y_i) = \hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$ .

Após o ajuste do modelo, deve-se checar se os pressupostos estão sendo atendidos, caso contrário, deve ser feita uma transformação em alguma das variáveis. Esta transformação é dada aplicando uma função  $f$  nas variáveis, escolhida de acordo com o pressuposto que foi violado. Desta forma a equação de predição deixa de ser da forma  $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$ , e passa a ser da forma  $f(\hat{Y}_i) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$ , e conseqüentemente,  $\hat{Y}_i = f^{-1}(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i)$ , isto é feito a fim de voltar à escala original da variável resposta.

Montgomery, 1982 e Draper, 1998, afirmam que a avaliação dos pressupostos do modelo em estatística é feita através da análise de resíduos, e é de fundamental importância para garantir resultados confiáveis na predição dos valores da variável dependente. A análise de regressão linear é uma ferramenta bastante ampla da estatística e vai além do que concerne à avaliação da relação entre duas variáveis. Aqui foi omitido o caso em que se tem mais de uma variável independente, que é a regressão linear múltipla.

Se os pressupostos são válidos, então é necessário aplicar um teste de hipótese para avaliar se o efeito da variável preditora na variável resposta é estatisticamente significativo. No caso da regressão linear simples, este teste é feito em termos do parâmetro  $\beta_1$ , já que ele determina a magnitude da relação entre as variáveis, caso ela exista. Sendo assim a hipótese nula “ $H_0$ : Não há efeito de X em Y”, é testada contra a hipótese alternativa “ $H_1$ : Há efeito de X em Y”.

Estas hipóteses podem ser reescritas em termos estatísticos como:  $H_0 : \beta_1 = 0$  versus  $H_1 : \beta_1 \neq 0$ . Para avaliar estas hipóteses, consideram-se os dois últimos pressupostos para aplicação do modelo de regressão linear, o que garante que a estatística de teste tenha uma distribuição  $t$  de Student com  $(n - 2)$  graus de liberdade. Sob  $H_0$ , esta estatística é dada por

$$t_c = \frac{\hat{\beta}_1}{\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_1)}}, \text{ em que } \text{var}(\hat{\beta}_1) = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Equação 6}$$

Como  $\sigma^2$  é desconhecido, é necessário estimá-lo através da fórmula  $\hat{\sigma}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2}$

Rejeita-se  $H_0$  se  $|t_c| > t\left(n - 2; \frac{\alpha}{2}\right)$ , em que  $t\left(n - 2; \frac{\alpha}{2}\right)$  é o quantil da distribuição  $t$  de Student com  $(n - 2)$  graus de liberdade e  $\alpha$  é o nível de significância pré-definido. Outra

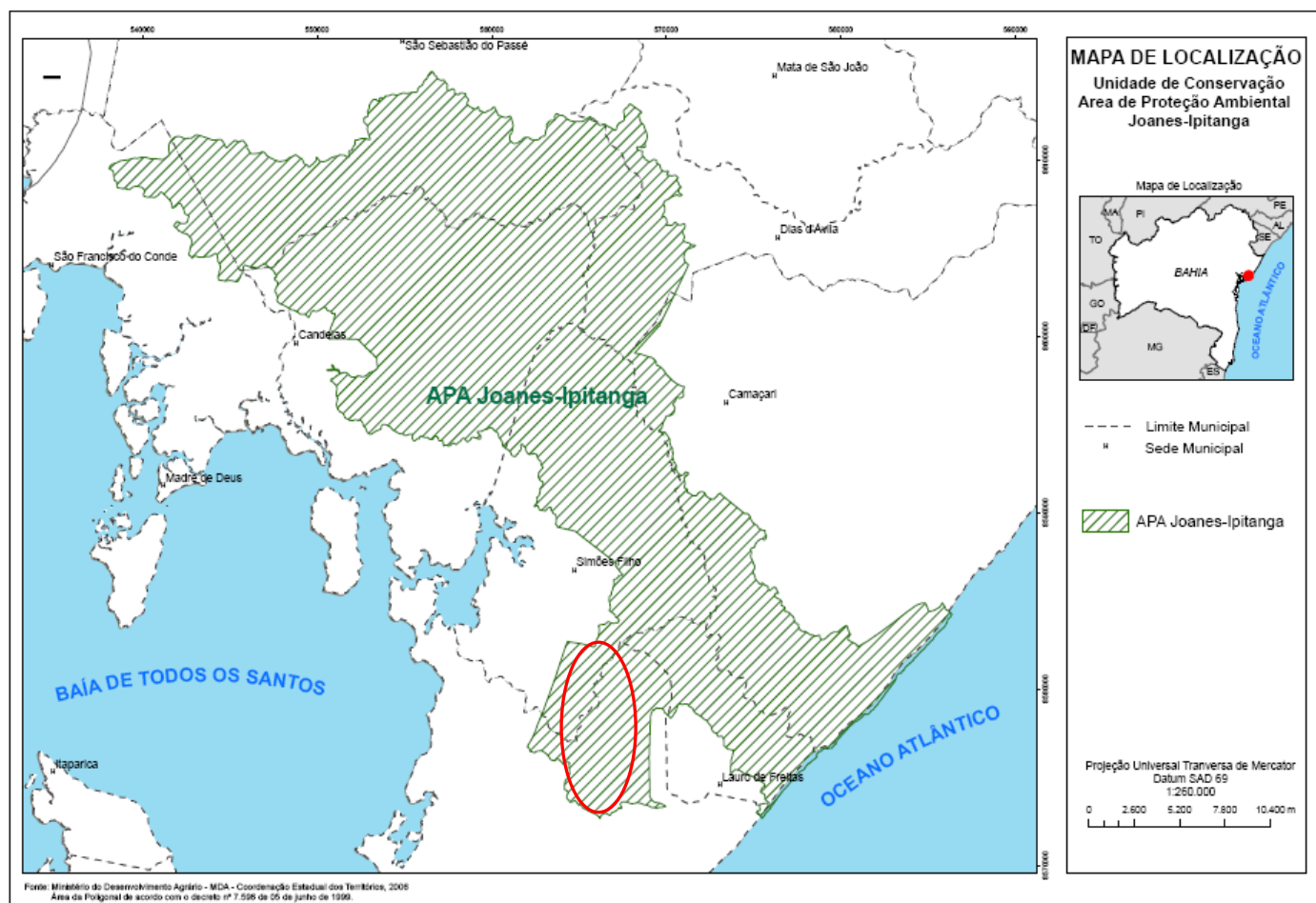


alternativa para decidir pela rejeição ou não de  $H_0$  é o valor de  $p$ , que é definido como a probabilidade de se obter valores tão ou mais extremos que o valor da estatística de teste encontrada na amostra. Em particular, na regressão linear simples, tem-se o valor de  $p$  dado por  $P\left(|t_c| > t\left(n-2; \frac{\alpha}{2}\right)\right)$ . Quando essa probabilidade é menor do que o nível de significância  $\alpha$ , rejeita-se a hipótese de que a variável preditora tem efeito na variável resposta.

## **4. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO**

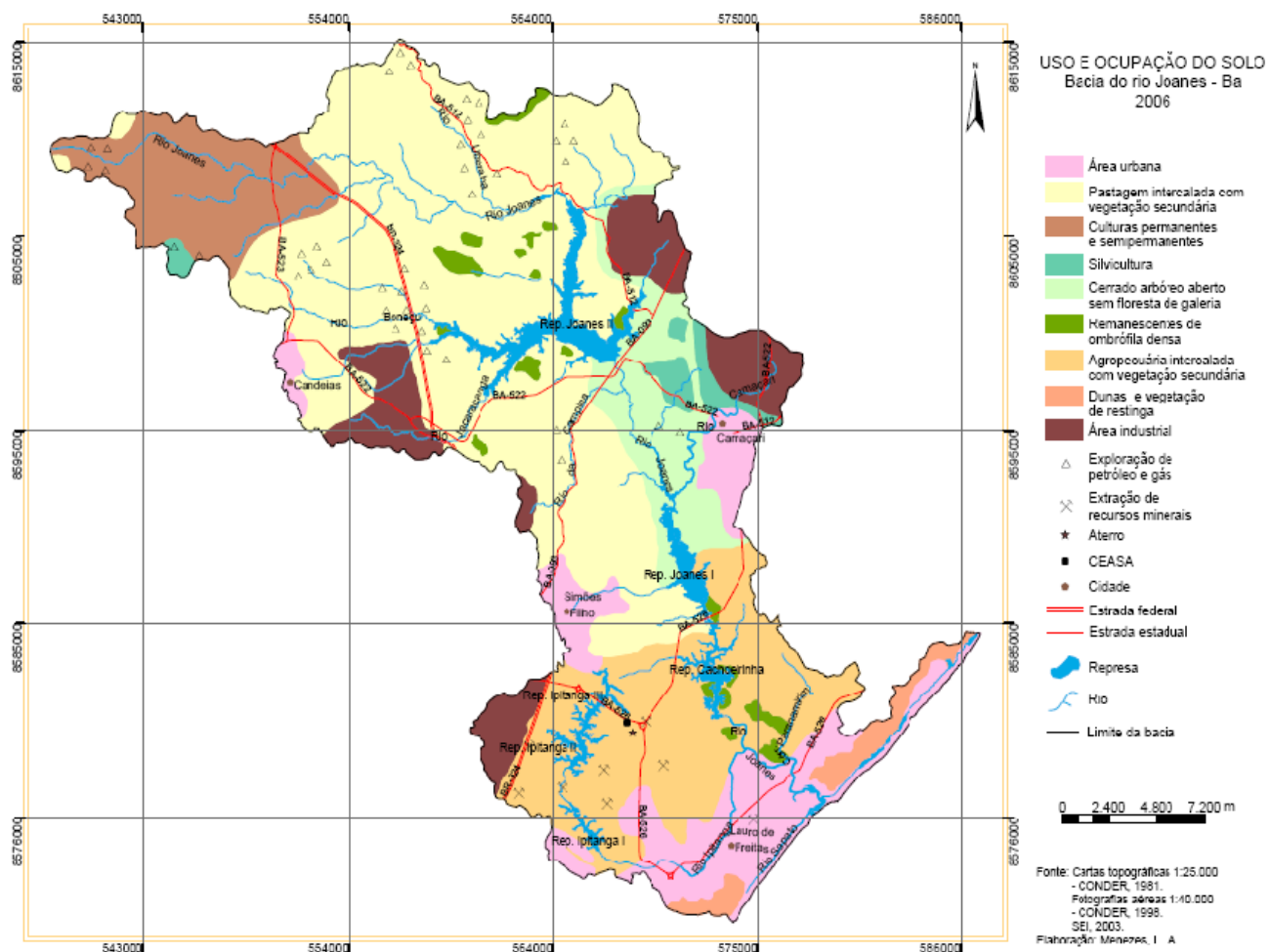
Neste capítulo será mostrada a localização geográfica das represas IP I, IP II e IP III dentro da Bacia Hidrográfica Joanes – Ipitanga e dentro do estado da Bahia, Além disso, mostra-se um panorama do uso e ocupação do solo na área estudada. As características gerais de cada represa também são apresentadas neste capítulo.

A área de estudo está totalmente inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) Joanes-Ipitanga. A criação desta APA teve o objetivo de proteger suas nascentes, a região remanescente de Mata Atlântica no local e a fauna da região, que é bastante representativa. A área escolhida possui aproximadamente 64.463 ha e abrange parte dos municípios de Camaçari, Simões Filho, Lauro de Freitas, São Francisco do Conde, Candeias, São Sebastião do Passé, Salvador e Dias D'Ávila. A Figura 2 é um mapa da região, mostrando a área que este estudo abrange. Importante, ainda, para este estudo é o referencial hídrico da região da APA Joanes-Ipitanga, que se encontra no anexo 1, através do mapa de drenagem.



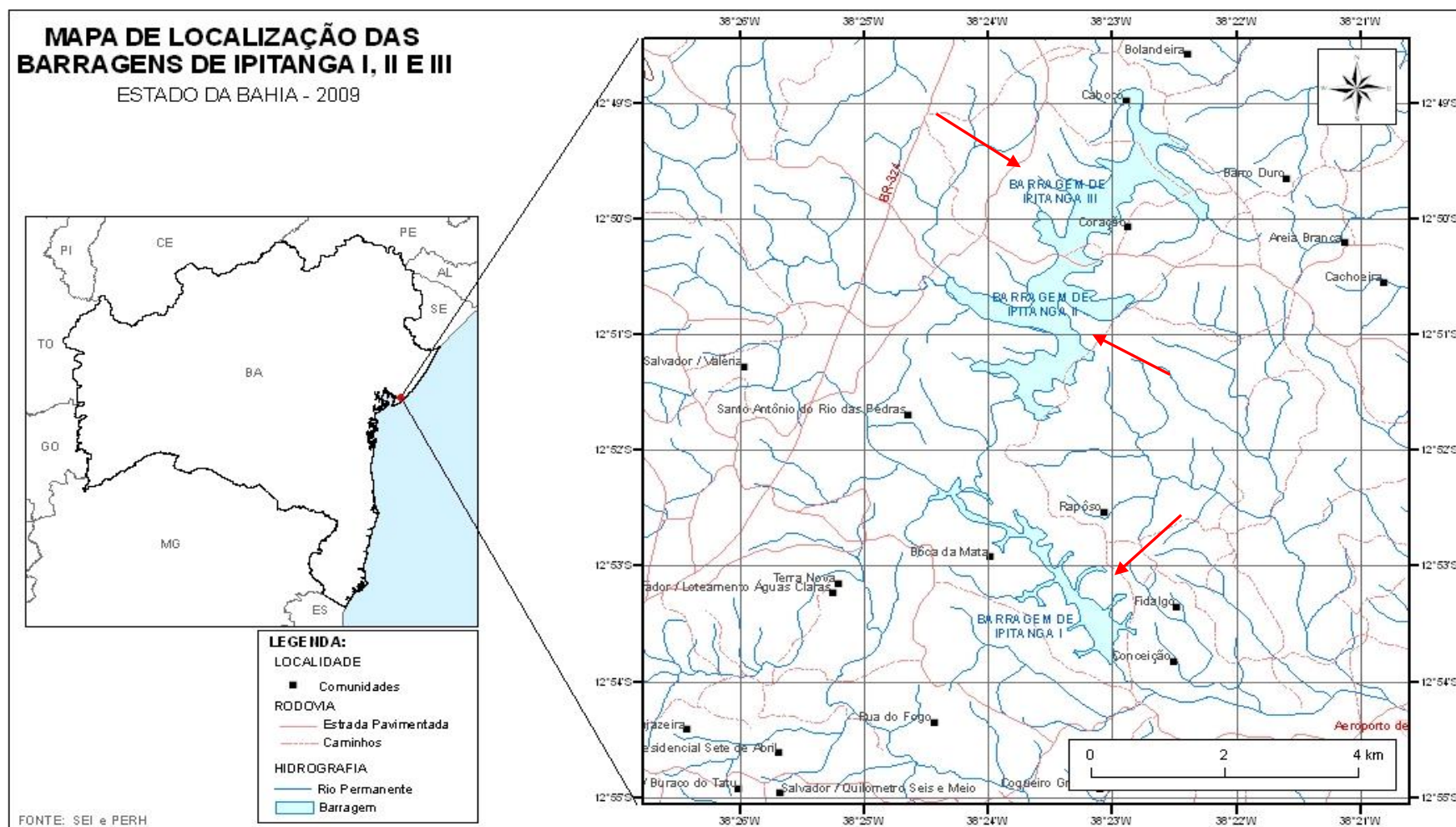
**Figura 2 – Mapa de localização da APA Joanes-Ipitanga, na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga. Fonte: SEMA, 2010.**

A APA Joanes-Ipitanga se localiza dentro de uma área basicamente urbana e de intensa produção industrial do Estado da Bahia. Na Figura 3 vemos o mapa de uso e ocupação do solo da região. Pode-se verificar a ocupação intensa e desordenada, que afeta diretamente a qualidade da água dessa região, que responde por cerca de 40% do abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador (RMS). Além da função de abastecimento, essas represas são usadas para lazer e prática de esportes náuticos, dessedentação de animais e para pesca em alguns trechos.



**Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo da BH do rio Joanes-Ipitanga. Fonte: Menezes, 2006.**

A Figura 4 representa o mapa de localização das barragens de Ipitanga I, II e III, mostrando a localização da bacia hidrográfica dentro do estado da Bahia.



**Figura 4 – Localização da área de estudo dentro do estado da Bahia.**

O rio Ipitanga, principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, possui 30 km de extensão linear, sua nascente se localiza na Fazenda Santa Terezinha, no Município de Simões Filho e seus principais afluentes são os rios Poti, Cubucu, Cururipe e Ribeirão Itapoã, na margem direita, Margarida, Itinga e Caju, na margem esquerda.

A sub-bacia hidrográfica possui duas represas, Ipitanga I e II e um barramento, Ipitanga III, formando uma sub-bacia hidráulica de suma importância, com área aproximada de 118 km<sup>2</sup>, (CONDER, 1997). O fluxo de água das represas é na direção de Ipitanga III, II e I, ou seja, Ipitanga II está a jusante de III e I está a jusante de II, mostrado no diagrama unifilar do Rio Ipitanga (Anexo 2).

A represa de Ipitanga I, mostrada na Figura 5, possui características de uma barragem de acumulação. Ela foi construída em 1935, com objetivo de regularizar as águas do rio Ipitanga e complementar a produção de água para o abastecimento público de Salvador e Lauro de Freitas. Está localizada na estrada Velha do Aeroporto. As comunidades que vivem no seu entorno são Carangi, Estrada do Raposo, Cações e Barragem.



**Figura 5 – Vista aérea da Represa de Ipitanga I. Fonte: EMBASA, 2008.**

A represa de Ipitanga II possui características de uma barragem de nível e foi construída em 1971, à montante de Ipitanga I, no município de Simões Filho. A finalidade desta represa é ampliar os sistemas públicos de água dos municípios de Salvador e Simões Filho, além de fornecer água bruta e/ou tratada para algumas indústrias do CIA. As Figuras 6 (a) e 6 (b) mostram a vista aérea da represa Ipitanga II.



(a)



(b)

**Figura 6 – Vista aérea da Represa Ipitanga II (a)Comporta, (b) extensão. Fonte: EMBASA, 2008.**

Para tornar viável a construção da rodovia CIA/Aeroporto (BA-526), em 1972, foi necessário dividir a bacia hidrográfica do Ipitanga II por um aterro/barragem com um bueiro funcionando como canal vertedor entre os lagos, com uma extensão de 2,7 km (REBOUÇAS, 1991). Desse modo surgiu a barragem Ipitanga III (Figura 7). Esta barragem é considerada uma extensão da represa Ipitanga II e não é uma represa propriamente dita. Sua função principal é contribuir para Ipitanga II.



**Figura 7 – Estrada CIA/Aeroporto. Vista aérea das Represas Ipitanga III e II. Seta aponta o canal- vertedor. Fonte: EMBASA, 2008.**

A área de Ipitanga III situa-se entre os municípios de Simões Filho e Salvador, com uma pequena influência a oeste de Lauro de Freitas. A região é cortada pela via de ligação do CIA ao Aeroporto Internacional (BA-526) que é considerado importante canal de tráfego da zona industrial.

A Central de Abastecimento da Bahia (Ceasa) está instalada nas proximidades de IP III, onde existem ocupações desordenadas – edificações dispersas ou formação de pequenos núcleos como as invasões da Cepel e Ceasa. (MENEZES, 2006; CONDER, 1998).



A Tabela 1 reúne as informações mais atualizadas disponíveis, obtidas em 2006 a partir de estudos realizados em relação às características do tipo de barragem, ano de construção, volume acumulável, vazão média captada, tipo de adução e destinação final de cada barragem. Esta avaliação da área foi elaborada pela EMBASA e MENEZES (2006).

**Tabela 1: Características das Barragens Ipitanga I, Ipitanga II e Ipitanga III**

<b>BARRAGEM</b>	<b>IP I</b>	<b>IP II</b>	<b>IP III</b>
<b>Localização</b>	Estrada Velha do Aeroporto	CIA/Aeroporto	CIA/Aeroporto/ Simões Filho
<b>Tipo</b>	Alvenaria de pedra	Concreto	Aterro
<b>Ano de Construção</b>	1935	1971	1972
<b>Vol. Acumulável</b>	6.000.000m <sup>3</sup>	4.600.000m <sup>3</sup>	-
<b>Vazão média captada</b>	800 l/s	200 l/s para GERDAU e 400 l/s para ETA Suburbana	-
<b>Tipo de adução</b>	Gravidade ou recalque	Recalque	-
<b>Destino</b>	ETA Bolandeira	ETA Suburbana	-

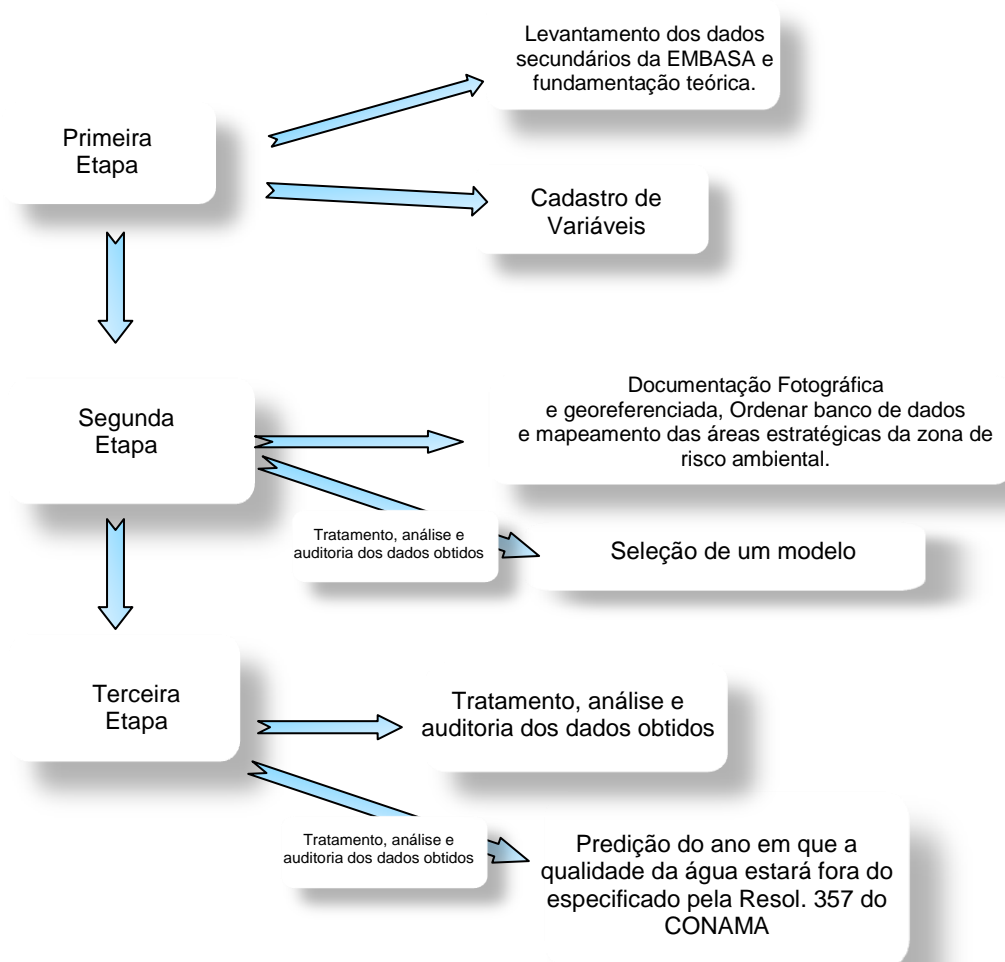
Fonte: EMBASA e MENEZES. 2006

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo são apresentados os procedimentos utilizados para a obtenção dos resultados deste trabalho.

Metodologicamente, o trabalho compreendeu três etapas (Fluxograma 1): na primeira etapa foi feito o levantamento dos dados secundários obtidos pelos relatórios da EMBASA (Anexo 3) e da fundamentação teórica, além da auditoria das variáveis. Na segunda etapa, através das inspeções de campo com equipe da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA) e da EMBASA se fez um registro fotográfico e o reconhecimento do ambiente, assim como ordenamento do banco de dados, o mapeamento das áreas estratégicas da zona de risco ambiental e seleção do modelo. Na terceira etapa, foi feito o tratamento, análise e auditoria dos dados obtidos e construção das equações de predição do ano em que a qualidade da água estará fora do especificado pela Resolução 357/05 do CONAMA.

O fluxograma 1 a seguir representa a metodologia aplicada para atingir o objetivo proposto, conforme etapas mencionadas.



É importante ressaltar aqui as dificuldades encontradas na aquisição das informações sobre a sub-bacia do rio Ipitanga, já que os estudos existentes para essa área geográfica se referem à bacia hidrográfica do Rio Joanes. Na coleta dos dados secundários da EMBASA, ocorreram problemas na separação entre os dados do rio Joanes e os dados do rio Ipitanga e separação dos dados do rio Ipitanga por represa. Além disso, para entender alguns valores discrepantes ou que interferiam nas médias e medianas encontradas nos resultados das amostras analisadas pela EMBASA vezes por outra era necessário a comunicação com os técnicos e operadores. Neste momento se iniciou o procedimento de auditoria.

A auditoria dos dados teve a finalidade de eliminar os valores repetidos, identificar *outliers*, avaliar a exatidão e a precisão dos dados e realizar controle do erro de digitação. Após essa

inspeção inicial dos dados, a auditoria prosseguiu com o tratamento e análise dos resultados obtidos utilizando modelos estatísticos. Com isso, a avaliação de certas características da água das represas Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) e Ipitanga III (IP III) foi feita, verificando sua alteração com o passar dos anos e finalizando com uma tentativa de previsão do ritmo de degradação da água, tendo como valores de referência de qualidade da água os citados na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/05 – Anexo 4). Esta Resolução foi constantemente mencionada, pois 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, além de ser referência para estudos sobre avaliação da qualidade da água.

Nessa avaliação incluiu-se a estimativa dos parâmetros estatísticos básicos das variáveis (média aritmética e desvio padrão) por ano e a avaliação do comportamento das variáveis no intervalo de 2003 a 2008 através de um tratamento estatístico dos dados secundários fornecidos pela EMBASA, utilizando o coeficiente de correlação de *Pearson*, e a regressão linear simples. A fonte de dados utilizada neste trabalho foram os resultados de análises de amostras coletadas e analisadas pela EMBASA durante o dia na camada superficial da água nas barragens Ipitanga I, II e III.

Dentre as variáveis analisadas pela EMBASA os dados analisados foram: DBO (mg/L), OD (mg/L), pH,  $\text{NH}_4^+$  (mg/L), turbidez (UNT), fósforo total (mg/L), coliformes termotolerantes (UFC/100mL) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ). As informações sobre estas variáveis foram coletadas pela EMBASA, no período de 2003 a 2008 para as represas IP I, IP II e IP III, exceto a variável Fósforo Total que foi medida no período de 2005 a 2008 nas mesmas represas.

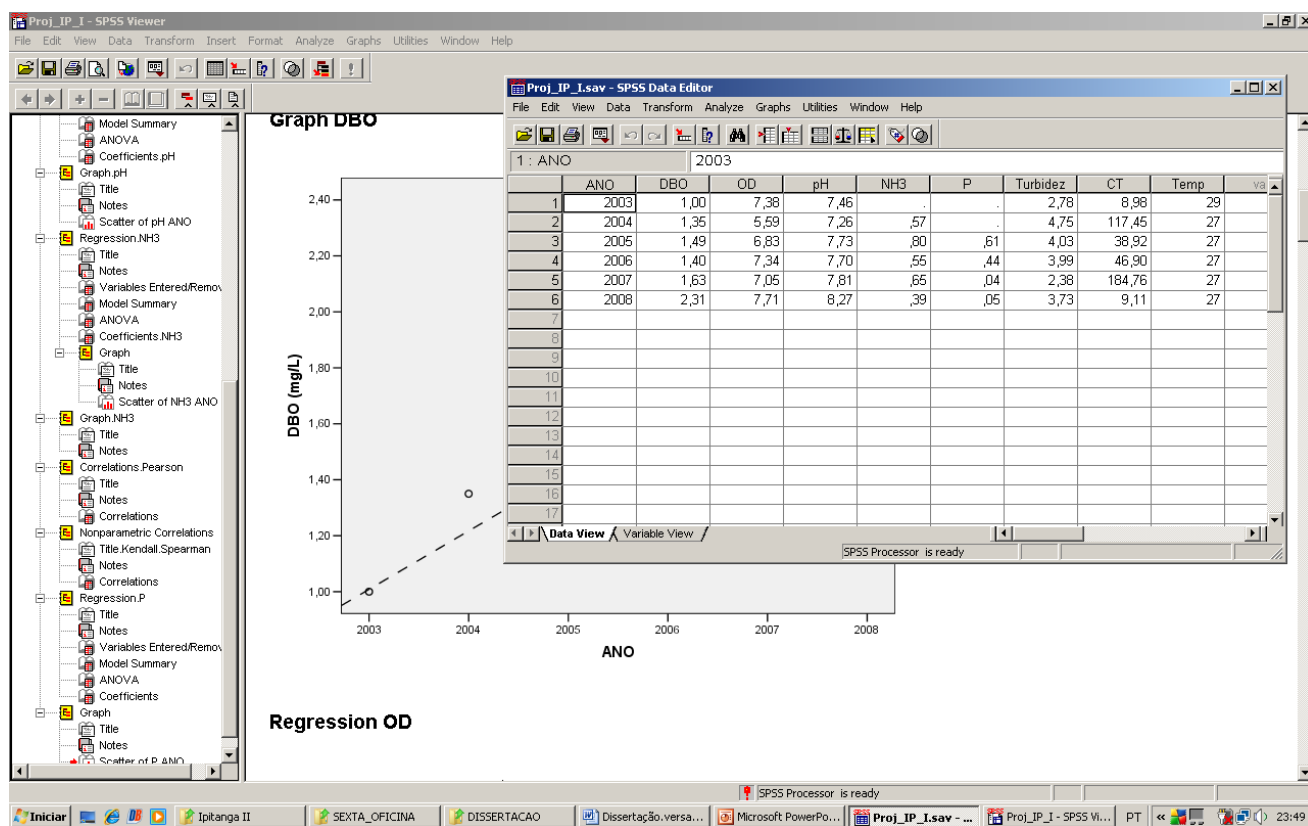
Estas variáveis foram consideradas suficientes para avaliar a qualidade da água e são bons indicadores da contribuição de matéria orgânica proveniente das atividades antrópicas (VON SPERLING, 2007). Os dados secundários foram então auditados e tratados, separados por represa e ordenados por ano de coleta. A Tabela 2 mostra o total das amostras analisadas pela EMBASA nas respectivas barragens.

Após a organização dos dados, foram construídos os gráficos pertinentes, usando-se a média aritmética de cada variável para cada ano estudado. Esses gráficos foram construídos

utilizando-se o programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), Advanced Models* versão 13.0, que tem uma de suas telas mostradas na Figura 8. Em seguida, foram calculados, para cada variável estudada, os coeficientes de correlação de *Pearson* (medida paramétrica), pois o mesmo é o mais indicado para cálculos de variáveis contínuas. Por este mesmo motivo, não foram utilizados os coeficientes de *Spearman* e *Kendal*, já que estes últimos coeficientes explicam melhor o comportamento de variáveis categorizadas e de relação binária, o que não é o caso deste estudo.

A análise dos gráficos foi feita a partir da regressão linear dos dados e os resultados apresentados juntamente com a respectiva equação matemática.





**Figura 8 – Modelo do Programa Estatístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) utilizado**



## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo, os resultados obtidos na inspeção de campo e na avaliação estatística dos dados são apresentados e discutidos. Com base nas evidências obtidas em campo e nos resultados estatísticos são estabelecidas equações que permitem estimar o tempo de degradação de cada represa, fornecendo um instrumento de avaliação que permite nortear a administração das mesmas.

### **6.1. Inspeção de Campo**

Conhecer os aspectos da pressão antrópica na área em estudo é um passo importante para conhecer a realidade do ambiente, permitindo a comparação entre os resultados do tratamento dos dados obtidos pela EMBASA.

O diagrama unifilar que consta no Anexo 2 apresenta um panorama da localização da área, das atividades antrópicas e dos rios que fazem parte da toda a sub-bacia do rio Ipitanga.

Verificou-se que a nascente do rio Ipitanga se localiza em área de extensa ocupação urbana, com presença de lançamento de esgoto doméstico e industrial. A Figura 9 mostra uma visão dessa ocupação, além da presença de macrófitas na sua superfície fluvial, indicando presença de poluição por matéria orgânica em excesso.



**Figura 9 – Nascente do rio Ipitanga, no município de Simões Filho/BA. Presença de macrófitas na superfície fluvial. Inspeção de campo. 2008**

No Rio Ipitanga observa-se em alguns pontos a presença de grande quantidade de plantas aquáticas, indicando alto nível de eutrofização, que pode ser causado pelo lançamento de esgoto não tratado, ocasionando um excesso de matéria orgânica (Figura 10).



**Figura 10 – Presença de plantas aquáticas em um trecho do Rio Ipitanga, 2006**

**Fonte: Depto de Ações Ambientais/EMBASA.**

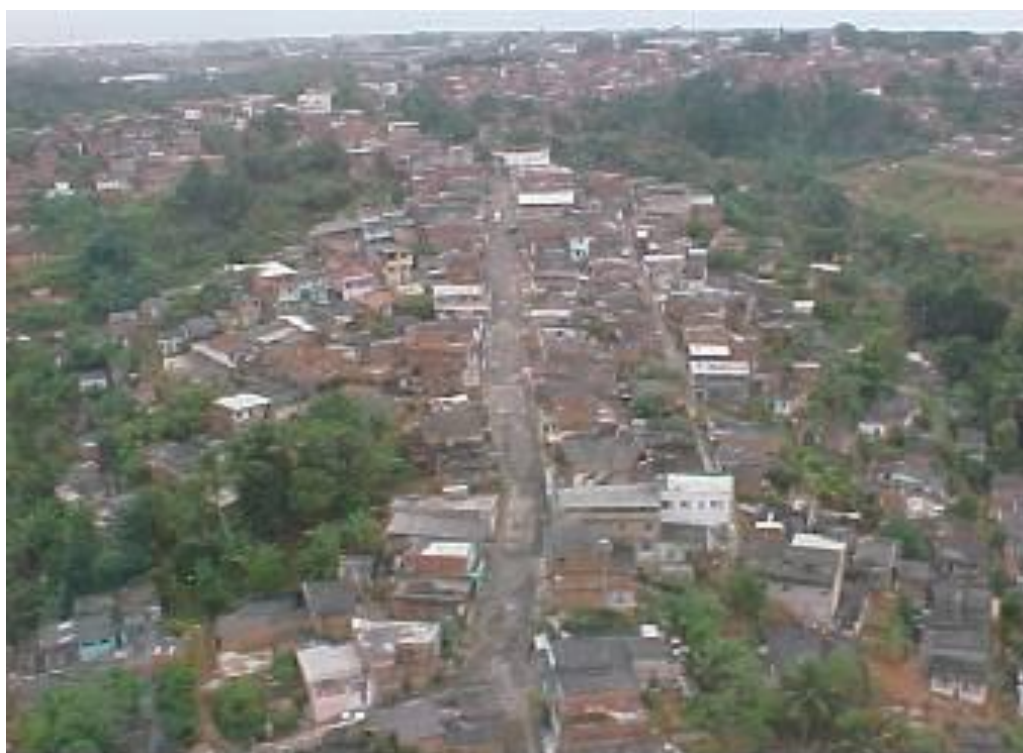
Entretanto, outros trechos do rio apresentam aspecto de boas condições ambientais, como pode ser visualizado na Figura 11.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Ipitanga é fortemente impactada pela ocupação desordenada e exploração imobiliária como mostrado na Figura 12 (represa IP I) e na Figura 13 (barramento de IP III). Essas áreas de ocupação não possuem sistema de esgotamento sanitário e os esgotos domésticos são lançados na represa sem tratamento.



**Figura 11 – Rio Ipitanga.**

**Fonte: Depto de Ações Ambientais/EMBASA. 2005**



**Figura 12 – Ocupação desordenada e exploração imobiliária na Represa de Ipitanga I**

**Fonte: EMBASA, 2008.**



**Figura 13 – Ocupação desordenada e exploração imobiliária no barramento de Ipitanga III. Fonte: EMBASA, 2008.**

A instalação de novas indústrias na região ocorre freqüentemente. A Figura 14 mostra a preparação do terreno para construção de uma empresa, com a conseqüente eliminação da vegetação nativa da região.

A supressão da vegetação na represa IP I é crescente, como pode ser visto na figura 15, sendo substituída por agricultura de subsistência ou por edificações. A figura 16 mostra as condições precárias da mata ciliar, onde o solo nu vem acelerando os processos erosivos e favorecendo o assoreamento do canal.



**Figura 14 – Preparação do terreno para instalação de novas indústrias.**

**Fonte: EMBASA, 2008.**



**Figura 15 – Supressão vegetal na Represa de Ipitanga I**

**Fonte: EMBASA, 2008.**



**Figura 16 – Retirada da mata ciliar no Rio Ipitanga.** Fonte: EMBASA, 2008.

A disposição imprópria dos resíduos graxos (Figura 17a) e domésticos (Figura 17b) compromete seriamente os parâmetros que determinam a qualidade da água da represa, bem como o lançamento, sem qualquer tratamento, das águas servidas das residências (Figura 18) e indústrias (Figura 19), hospitais, matadouros, entre outros, ao longo de todo seu curso.



**(a)**



**(b)**

**Figura 17 – Disposição imprópria de (a) resíduos graxos e (b) lixo urbano** Fonte: EMBASA, 2008



**Figura 18 – Lançamento das águas servidas das residências em Ipitanga III. Fonte: EMBASA, 2008.**



**Figura 19 – Lançamento de efluentes da Pedreira Valéria e Aratu nas Represas de Ipitanga I e II. Fonte: EMBASA, 2008.**



A proximidade da represa Ipitanga II com o Centro Industrial de Aratu – CIA constitui uma zona de risco ambiental e o lançamento inapropriado dos efluentes e dos resíduos sólidos domésticos e industriais comprometem a qualidade da água, a vida das espécies animais e a vida dos moradores das comunidades de Ceasa, Santo Antonio do Rio das Pedras, Cassange e Pedreira Aratu, (CONDER, 1997).

As Figuras 20 a e b mostram o impacto causado pelas atividades desenvolvidas pelas pedreiras Aratu e Valéria nas represas de IP I e IP II, respectivamente, a exemplo da lavra de rocha com produção de “pó de pedra”, britas e pedras em maior diâmetro, desfigurando a paisagem primitiva. A Figura 21, revela o impacto causado pelas atividades de extração mineral na área próxima às represa de IP I e IP II.

Em virtude das atividades antrópicas existentes na região em estudo e observando o aspecto da coloração da água foi possível, através de visita de campo e auditoria de memorial fotográfico cedido pela EMBASA, visualizar em alguns pontos da represa de IP II uma coloração esverdeada (Figura 22). Essa coloração indica o crescimento excessivo de algas, que pode causar desequilíbrio na quantidade de oxigênio dissolvido, afetando a vida de espécies aquáticas.



**Figura 20 – Vistas aéreas das pedreiras que lançam efluentes nas barragens de Ipitanga I e II: (a) Pedreira Aratu e (b) Pedreira Valéria. Fonte: Inspeção de campo e EMBASA, 2008.**



**Figura 21 – Atividade de extração mineral. Inspeção de campo, 2008.**



**Figura 22 – Coloração esverdeada da água da Represa Ipitanga II. Fonte: Inspeção de campo e EMBASA, 2008.**

Por ser considerado importante canal de tráfego da zona industrial, na área de Ipitanga III o risco de aumento da carga orgânica e carreamento de produtos químicos industriais é uma realidade a ser tratada com medidas preventivas. O perigo na atividade de transporte desses produtos industriais é um exemplo que deve ser tratado de modo que atenda a legislação ambiental, evitando com isso o impacto negativo.

As ocupações desordenadas e a CEASA, na proximidade de IP III caracterizam também uma condição de risco, demandando saneamento ambiental e sanitário na tentativa de conter a emissão desses efluentes.

Estudos estão sendo desenvolvidos por uma empresa contratada pela EMBASA na região de Ipitanga I, II e III sobre a densidade demográfica, pois até então se desconhecia este indicador. Existem, porém, dados registrados pelo IBGE que correspondem à população residente nos municípios de Camaçari, Candeias, Lauro de Freitas, Salvador e Simões Filho, esses dados são mostrados na Tabela 3. Além dessas informações, foram obtidas fotos de satélites da CONDER, que revelam um processo de ocupação urbana entre os anos de 1980 a 2002. Estas fotos estão representadas pelas figuras 23 (a), processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 1980 e 23 (b), processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 2002. As figuras 24 (a) e 24 (b), respectivamente, representam o processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 1980 e processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 2002. As figuras 25 (a) e 25 (b), o processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 1980 e o processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 2002, respectivamente.

**Tabela 3: Densidade demográfica dos municípios de Camaçari, Candeias, Lauro de Freitas, Salvador e Simões Filho para os anos de 1980, 1991, 2000, 2003 e 2007.**

	<b>1980</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>	<b>2003</b>	<b>2007</b>
<b>Camaçari</b>	69.475	113.639	161.727	176.541	<b>220.495</b>
<b>Candeias</b>	54.081	67.884	76.783	79.507	<b>81.699</b>
<b>Lauro de Freitas</b>	35.309	69.270	113.543	127.187	<b>144.492</b>
<b>Salvador</b>	1.493.688	2.075.273	2.440.886	2.556.429	<b>2.892.625</b>
<b>Simões Filho</b>	43.578	72.526	93.968	100.702	<b>109.930</b>

Fonte: Censo demográfico, IBGE (1980, 1991, 2000, 2003 e 2007), Estado da Bahia.



(a)



(b)

**Figura 23 – (a) Processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em Ipitanga I no ano 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002.**

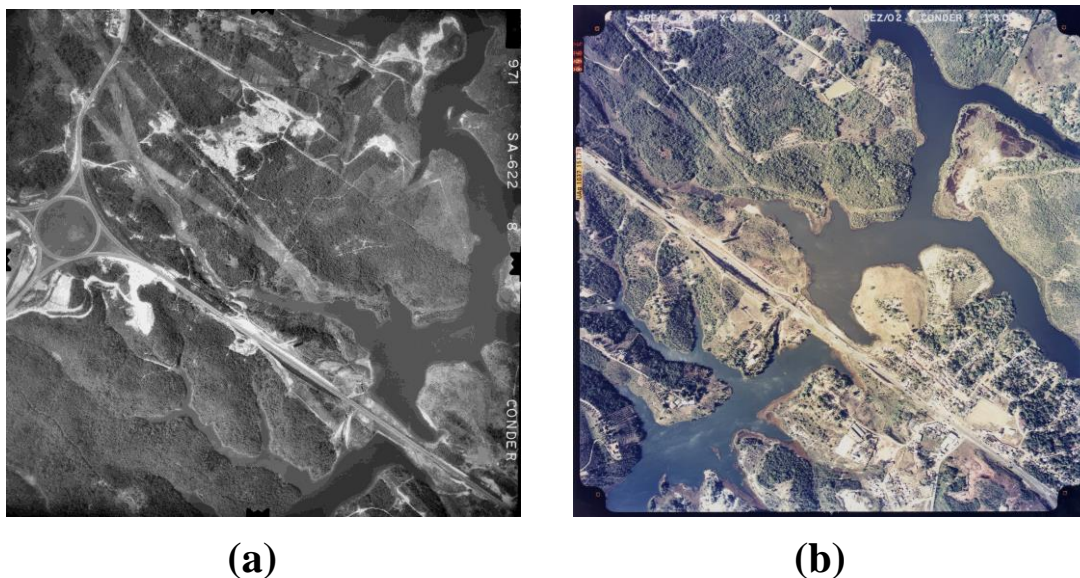


(a)



(b)

**Figura 24 – (a) Processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em Ipitanga II em 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002.**



**Figura 25 – (a) Processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 1980 e (b) Processo de ocupação urbana em torno de Ipitanga II e III em 2002. Fonte: Conder, 1980 e 2002.**

A inspeção de campo realizada para caracterização da área revelou aspectos de degradação ambiental da região proveniente das atividades antrópicas. Os principais problemas observados e devidamente documentados através de registro fotográfico foram: presença de resíduo doméstico e industrial acumulado na barragem de Ipitanga III (Figura 26), áreas de cultivo de monocultura (Figura 27), processo acelerado de eutrofização (Figura 28), ocupação urbana inadequada e irregular e resíduos sólidos na superfície da água (Figura 29), desmatamento e queimadas (Figura 30) e intensa movimentação de terra com processo erosivo (Figuras 31 a e b).



**Figura 26 – Presença de resíduos acumulados nas margens da represa Ipitanga III.  
Fonte: Inspeção de campo**



**Figura 27 – Agricultura na represa Ipitanga III – Vista margem esquerda, Fonte:  
Inspeção de campo**



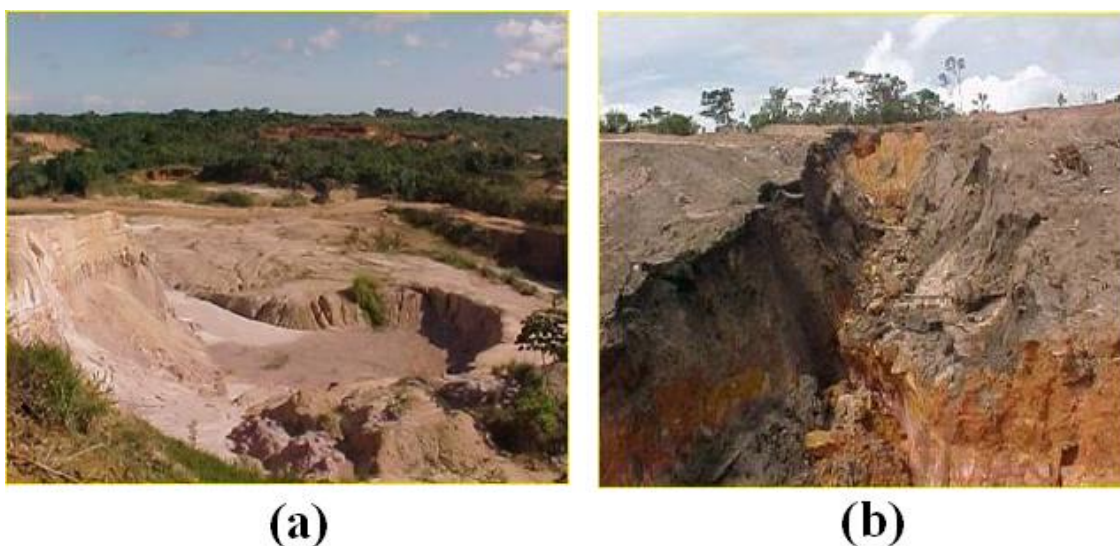
**Figura 28 – Processo de eutrofização em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008**



**Figura 29 – Ocupação urbana inadequada e irregular e resíduos sólidos na superfície da água em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008**



**Figura 30 – Queimadas em Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008**



**Figura 31 – (a) Movimentação de terra e (b) processo erosivo na Represa Ipitanga II. Fonte: inspeção de campo, 2008**

Além da poluição visual e forte odor desagradável em IP III, indicativo de decomposição anaeróbia, por falta de oxigênio dissolvido, o material orgânico é carreado de Simões Filho e comunidades circunvizinhas, gerando efluentes de natureza doméstica e industrial, que lançado em IP III favorece o aparecimento de uma vegetação aquática típica de água poluída, que vai se acumulando nas margens do barramento de IP III como mostram as Figuras 32 a e 32 b. O crescimento acelerado dessa vegetação altera a quantidade de oxigênio dissolvido e a penetração de luz solar, necessária aos processos de fotossíntese. Desse modo, a



autodepuração do manancial fica prejudicada, pois não ocorre oxidação da matéria orgânica em excesso e a boa qualidade da água fica comprometida.



**Figura 32 – (a) Macroalgas em decomposição e (b) Vegetação típica de água poluída. Barragem de Ipitanga III. Fonte: Inspeção de campo, 2008**

Com a realização da inspeção de campo foi possível conhecer a realidade atual de Ipitanga I, II e III de modo a fazer comparações e interfaces com os resultados dos cálculos obtidos através dos coeficientes de correlação e regressão linear, possibilitando uma equação de predição na qual permite identificar quando cada represa atingirá o limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA.

## **6.2. Avaliação Estatística dos Dados Obtidos na EMBASA**

Seguindo a metodologia proposta, inicialmente foi feita uma análise descritiva das variáveis, possibilitando um melhor entendimento das mesmas. As Tabelas 4, 5 e 6 agrupam as medidas descritivas que foram calculadas para as variáveis em estudo por represa, no período de 2003 a 2008.

**Tabela 4: Resumo das Medidas das Variáveis Independentes na Represa IP I**

	Variáveis							
Medidas	DBO	OD	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	Turbidez	CT	TA
<b>Mínimo</b>	1	1,54	6,82	0,1	0,01	1,4	2	22
<b>Mediana</b>	1,5	7,27	7,7	0,19	0,05	2,9	17	27
<b>Média</b>	1,68	6,91	7,69	0,36	0,06	3,7	84,12	27,18
<b>Máximo</b>	4	9,28	9,28	1,6	0,17	12	1670	31
<b>Desvio Padrão</b>	0,72	1,65	0,5	0,37	0,039	2,33	245,19	2,25
<b>N</b>	46	58	58	35	23	58	52	60

**Tabela 5: Medidas Resumo das Variáveis Independentes na Represa IP II**

	Variáveis							
Medidas	DBO	OD	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	Turbidez	CT	TA
<b>Mínimo</b>	1,00	0,86	4,62	0,10	0,00	0,50	2,00	22,00
<b>Mediana</b>	1,70	5,45	6,98	0,35	0,05	3,20	34,00	28,00
<b>Média</b>	2,07	5,30	7,99	1,19	0,14	7,20	286,61	27,24
<b>Máximo</b>	16,00	11,78	9,22	17,90	1,00	190,00	16600	32,00
<b>Desvio Padrão</b>	1,66	2,11	0,56	2,36	0,232	17,47	1477,11	2,36
<b>N</b>	123	153	153	130	79	153	137	145

**Tabela 6: Medidas Resumo das Variáveis Independentes na Represa IP III**

	Variáveis							
Medidas	DBO	OD	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	Turbidez	CT	TA
<b>Mínimo</b>	1	0,86	6,54	0,1	0,03	1,4	6	22
<b>Mediana</b>	1,78	5,82	7,26	0,32	0,08	4,6	98	28
<b>Média</b>	2,08	5,68	7,28	0,45	0,08	5,95	887,42	27,7
<b>Máximo</b>	6	10,34	8,76	1,7	0,24	29	40000	32
<b>Desvio Padrão</b>	1,02	1,92	0,39	0,36	0,042	4,1	4828,92	2,25
<b>N</b>	64	69	69	64	31	69	69	70

Os resultados mostram que a média da DBO cresce de 1,68mg/L na represa IP I para 2,07mg/L na represa IP II, e se mantém em 2,08mg/L na represa IP III, indicando que nas represas IP II e IP III ocorre maior decomposição microbiana do que na represa IP I. Considerando que, quanto maior a demanda bioquímica de oxigênio, maior é a presença de nutrientes no meio.

A variável OD apresenta uma variabilidade maior na represa IP II, e a média dessa variável foi maior na represa IP I (6,91mg/L), enquanto que nas represas IP II e IP III, as médias foram 5,30mg/L e 5,68mg/L, respectivamente. As medianas foram um pouco maiores do que a média nas três represas, indicando que a média pode estar sendo influenciada por valores pequenos para o OD.

O pH teve médias próximas nas três represas, e as medianas também não se distanciaram muito das médias, indicando que não parece haver problemas com valores discrepantes.

A variável  $\text{NH}_4^+$  teve média de 1,19 mg/L e desvio padrão de 2,36 mg/L na represa IP II, enquanto que nas outras represas, as médias e desvios padrão foram 0,36 mg/L e 0,37 mg/L em IP I e 0,45 mg/L e 0,36 mg/L em IP III. A mediana do  $\text{NH}_4^+$  na represa IP II foi bem menor do que a média, indicando que há valores no conjunto de dados que podem estar influenciando a média.

O Fósforo total teve médias bastante próximas das medianas para as três represas, mas a variabilidade das observações em relação a média da variável P total é maior na represa IP II. Além disso, a média de P total para esta represa também foi maior.

Quanto à turbidez, tem-se que na represa IP II, conforme tabela 5, a mediana (3,20 UNT) é bem menor que a média (7,20 UNT) e um intervalo de valores amostrais muito distantes (0,5 e 190 UNT), cujo valor máximo excede o limite de especificação da Resolução 357/05 (40UNT). Este ocorrido pode alterar o valor da média, assim como significar um evento não desejável no ato da coleta de dados. No caso das outras barragens (IP I e IP III), também há valores distantes do comportamento gradual dos valores das amostras (maior 10,0) e (maior 30,0), respectivamente, que podem estar influenciando as médias da turbidez, porém esses valores estão de acordo com o limite máximo (40 UNT) especificado pela Resolução 357/05 do CONAMA.

A variável coliformes termotolerantes (CT), apresenta valores médios (respectivamente) muito grandes para as represas IP II e IP III, valores estes que são bem maiores do que o especificado pela Resolução CONAMA 357/05 (200UFC/100mL). Além disso, as respectivas medianas para estas represas são muito distantes das médias, pois há valores muito elevados para CT. Na represa IP I a média também é muito maior que a mediana, mas não tanto quanto nas outras represas.

Como era esperado, as médias e medianas da Temperatura nas três represas são muito próximas. Além disso, a variabilidade da Temperatura em todas as represas é praticamente a mesma. Isso mostra que esta variável não está relacionada com o tempo.

### 6.3. Matriz de Correlação

A matriz de correlação aferiu o quanto às variáveis estudadas do rio Ipitanga estão relacionadas linearmente duas a duas, através do coeficiente de correlação linear de *Pearson*. A Tabela 7 mostra os coeficientes de correlação para as variáveis em estudo da sub-bacia do rio Ipitanga. Importante relatar que a correlação foi obtida a partir dos dados de todo o rio Ipitanga.

**Tabela 7: Matriz de Correlação de *Pearson* das Variáveis Estudadas**

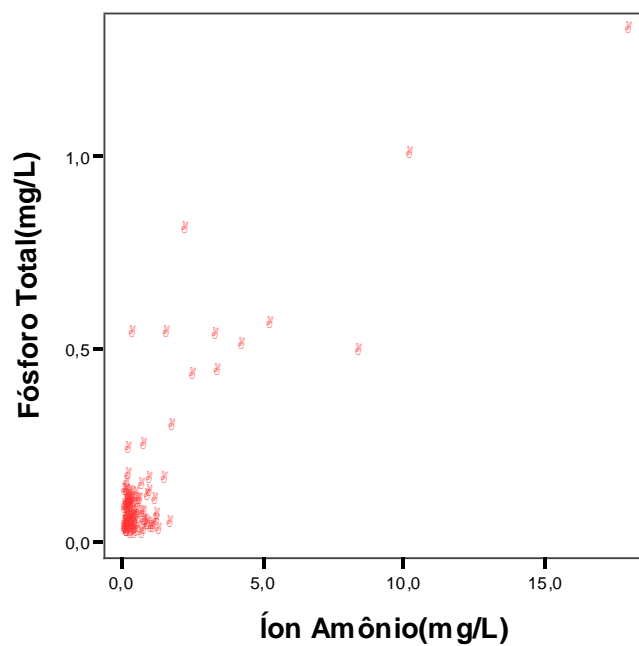
Variáveis	Ano	DBO	OD	pH	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P total	Turbidez	CT	TA
<b>Ano</b>	1	0,336	0,102	0,301	0,053	-0,082	0,158	0,024	-0,106
<b>DBO</b>	0,336	1	-0,054	0,219	0,243	0,162	0,568	0,079	-0,015
<b>OD</b>	0,102	-0,054	1	0,597	-0,319	-0,338	0,154	-0,007	-0,020
<b>pH</b>	0,301	0,219	0,597	1	-0,167	-0,176	0,208	-0,038	0,070
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,053	0,243	-0,319	-0,167	1	0,854	-0,001	-0,005	-0,009
<b>P total</b>	-0,082	0,162	-0,338	-0,176	0,854	1	-0,021	-0,020	-0,052
<b>Turbidez</b>	0,158	0,568	0,154	0,208	-0,001	-0,021	1	0,069	-0,141
<b>CT</b>	0,024	0,117	-0,007	-0,038	-0,005	-0,020	0,069	1	-0,024
<b>TA</b>	-0,106	0,022	-0,020	0,070	-0,009	-0,052	-0,141	-0,024	1

A matriz de correlação apresentada na Tabela 7 mostra que a variável Temperatura Ambiente apresentou correlações baixas com as outras variáveis, indicando que esta variável não se relaciona linearmente com as outras.

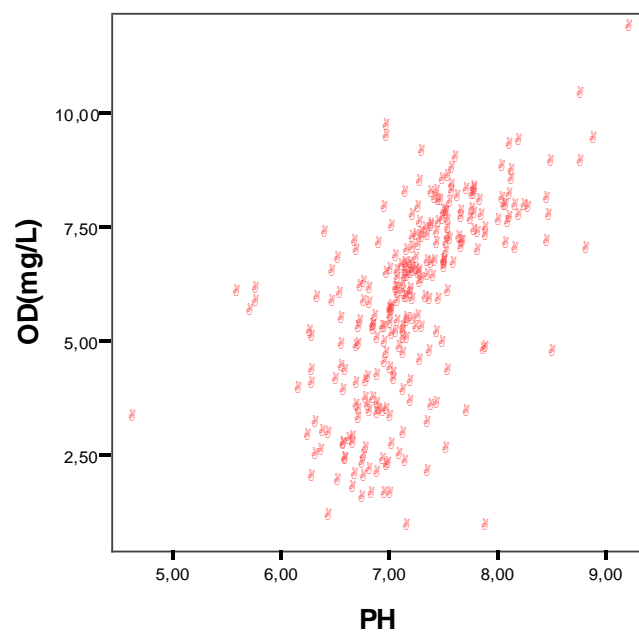
De forma geral as correlações não foram muito altas, exceto a correlação entre o Fósforo total e o Íon Amônio, que foi igual a 0,854, indicando uma forte relação linear positiva entre essas duas variáveis, ou seja, nos dados observados, quanto maior for a concentração do Íon Amônio na água, será também maior a concentração do Fósforo total, e vice-versa. Isso reflete na observação de que esgoto doméstico está sendo lançado sem tratamento nas represas, visto que estes parâmetros são provenientes desta fonte.

Outra correlação que chamou atenção, foi entre o pH e o Oxigênio Dissolvido, que foi igual a 0,597, de acordo com este resultado, quanto maior é o OD na amostra, maior é o pH, considerando, também, que esses dois parâmetros são influenciados por diversos fatores presentes nas águas. O mesmo ocorre com as variáveis turbidez e DBO, que teve correlação de 0,568, indicando que foi observado que quanto maior for a Demanda Bioquímica de Oxigênio, maior será a turbidez. Isso ocorre porque a matéria orgânica lançada nas represas contribui para a turvação da água, ao tempo em que aumenta o consumo de oxigênio para sua decomposição aeróbica. Desta forma, as correlações entre fósforo total e o Íon Amônio, pH e o OD, e, as variáveis turbidez e DBO indicaram a influência de uma sobre a outra. Como mostra as figuras 33, 34 e 35, representando uma relação diretamente proporcional mostrado no diagrama de dispersão das correlações entre fósforo total e o Íon Amônio, OD e pH, e DBO e turbidez, respectivamente.

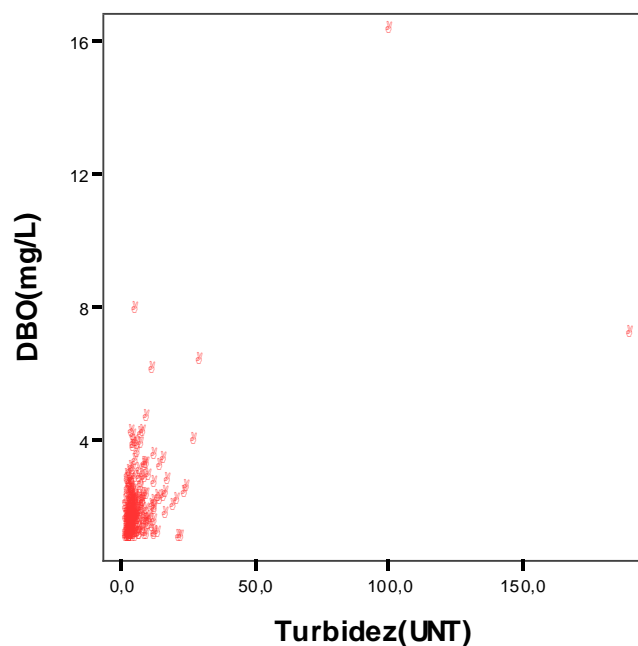
Como a regressão linear será feita com o Ano como variável preditora, é importante mostrar que de modo geral, as correlações das variáveis com o Ano, não foram tão altas, as maiores foram com a DBO (0,336) e com o pH (0,301). Isso significa que as predições feitas através da regressão linear simples, serão sempre sob a suposição de que todas as outras variáveis que podem influenciar na variável resposta estarão sempre sob as mesmas condições.



**Figura 33 – Diagrama de Dispersão entre Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o P total do Rio Ipitanga**



**Figura 34 – Diagrama de Dispersão entre OD e pH do Rio Ipitanga**



**Figura 35 – Diagrama de Dispersão entre DBO e Turbidez do Rio Ipitanga**

#### **6.4. Regressão Linear Simples**

Nesta seção, serão apresentados os resultados referentes à regressão linear simples, quando esta pode ser aplicada. Nos casos em que não foi possível a aplicação da regressão, a análise será baseada apenas de acordo com o diagrama de dispersão.

Para cada variável será estudado o comportamento nas três represas separadamente, permitindo uma comparação entre as represas Ipitanga I, Ipitanga II e Ipitanga III.

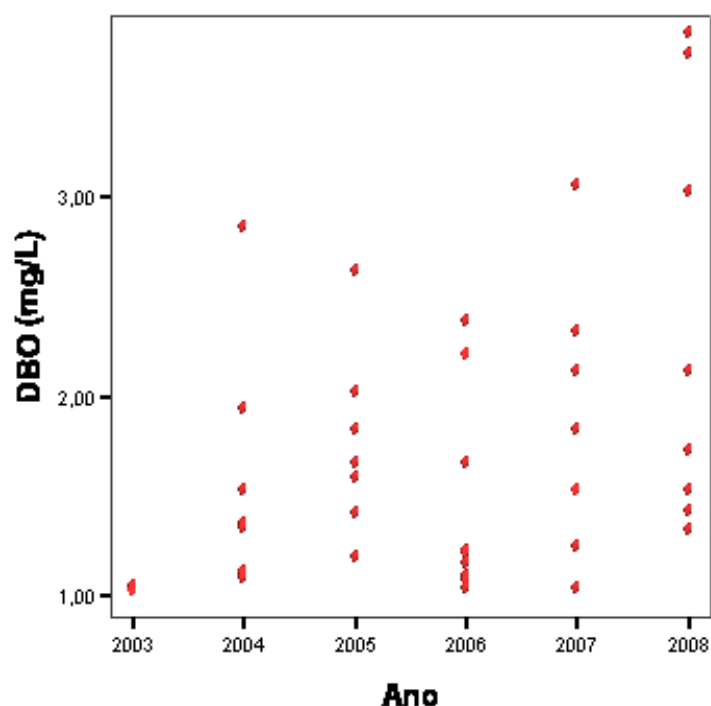
##### **6.4.1. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga I**

###### **6.4.1.1. Análise dos Dados de DBO**

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, os valores de DBO para águas doces de classe I deve atender a um Valor de Referência (VR) da DBO em 5 dias a 20°C até 3 mg/L de O<sub>2</sub>, para águas doces de classe II até 5 mg/L de O<sub>2</sub>, para as de classe III de até 10 mg/L de O<sub>2</sub>.

Seguindo determinações do órgão gestor das águas do Estado da Bahia, o INGÁ, o rio Ipitanga foi enquadrado na categoria classe II, conforme estudos e avaliação realizada. Portanto, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA a DBO não deve ser superior a 5mg/L, e se estiver acima deste valor indicará comprometimento da quantidade de oxigênio dissolvido no meio. A DBO retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou corpos d'água pelo decréscimo de OD, sendo, portanto, um parâmetro associado ao potencial de consumo do OD (VON SPERLING, 2007; MOTA, 2005).

A figura 36 mostra o diagrama de variação dos valores de DBO com o tempo no período de 2003 a 2008 para a represa Ipitanga I.



**Figura 36 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP I**

Pode ser visto na Figura 36, que para a represa IP I não há indicação de que com o passar dos anos haja alteração na Demanda Bioquímica de Oxigênio, apesar de alguns índices de DBO terem apresentado valores nos anos de 2007 e 2008 um pouco acima em relação aos outros anos. No entanto, todos os índices amostrados estiveram abaixo do limite determinado pela Resolução CONAMA 357/05. Considerando a baixa indicação de uma relação linear, a reta de regressão não pode ser ajustada, já que ao longo dos anos a DBO não parece variar muito. De acordo com dados obtidos pelos órgãos ambientais do Estado (IMA, INGÁ), e da



EMBASA, a variação nos valores da DBO neste período ocorreu pelo intenso processo de ocupação urbana desordenada na região e aumento da demanda de emissão de lançamento de esgotos sem tratamento.

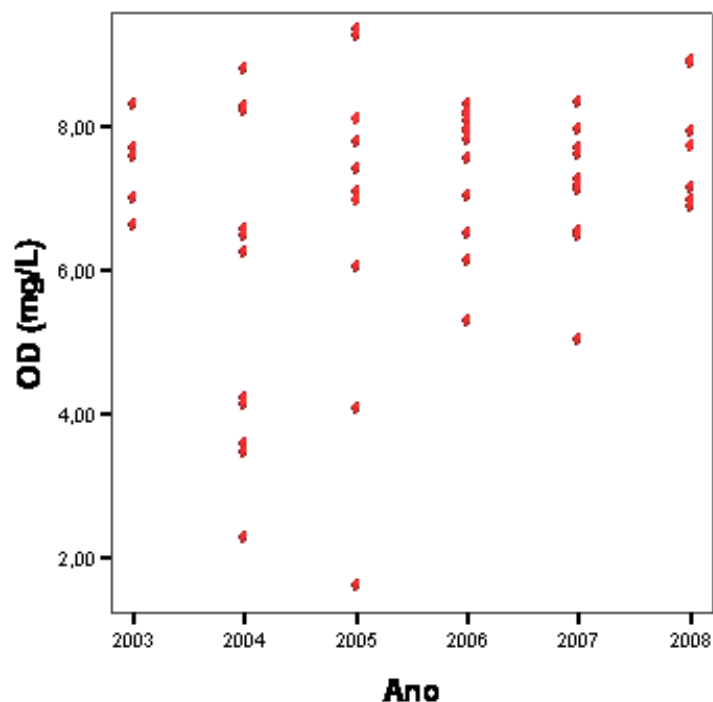
#### **6.4.1.2. Análise dos Dados de OD**

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, os valores de OD, para águas doces de classe I, devem estar acima de 6 mg/L O<sub>2</sub>; para as de classe II não inferior a 5 mg/L de O<sub>2</sub> e as de classe III não inferior a 4 mg/L de O<sub>2</sub>. Neste caso, como o rio estudado está enquadrado em classe II, o valor de referência será superior a 5 mg/L de O<sub>2</sub> para que a água seja considerada com um mínimo de qualidade. A análise que se dará nesta seção, será com base neste padrão estabelecido.

Von Sperling (2007) afirma que o consumo de OD superior a capacidade de produção do meio aquático reduz o número das espécies, determinando a seleção das menos resistentes.

Os valores de OD, segundo Von Sperling (2007), têm sido utilizados como indicativos da determinação do grau de poluição por despejos orgânicos e autodepuração em corpos hídricos, assim como para a sua caracterização.

Pode ser visualizado na Figura 37 que na represa IP I há alguns valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA para o OD nos anos de 2004 e 2005, mas não parece haver indicação de que o passar dos anos faz com que essa variável se altere, levando em conta que a maior concentração de índices amostrados está quase que uniformemente distribuída no intervalo de 5 a 10 mg/L de O<sub>2</sub>. Deste modo, não cabe aqui uma análise de regressão.



**Figura 37 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP I**

#### **6.4.1.3. Análise dos Dados do pH**

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, num ambiente adequado a vida aquática, o pH não deve ser inferior a 6, e nem superior a 9. Segundo Esteves (1998), se esta faixa de valor não for atendida pode afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Esteves (1998) menciona ainda que os baixos valores de pH ocasionam perdas de íons sódio e cloreto nos organismos dos peixes, e que mudanças bruscas de pH são comumente observadas em casos de poluição aquáticas.

Von Sperling (2007) ressalta que o pH baixo tem potencial corrosivo em tubulações e peças das redes de abastecimento de água e quando elevado possibilita as incrustações. Ressalta ainda que os valores menores que 6,0 do pH indicam a presença de efluentes industriais, e quando, acima de 9,0, está associado à proliferação de algas. Além de representar implicações em termos de saúde pública podendo causar irritação na pele e olhos, em comprometimento com as etapas de tratamento da água, na corrosão ou incrustação nas tubulações das águas de abastecimento e até afetar a vida aquática.

Pode ser visto na Figura 38 que para represa IP I parece que ao passarem os anos o pH aumenta. Além disso, os valores estão todos na faixa especificada pela Resolução 357/05 do CONAMA (6,0 a 9,0). Neste caso, como indicou haver relação linear entre o pH e o Ano, então foram ajustados os modelos de regressão linear simples para estas duas variáveis, e os resultados são apresentados na Tabela 8.

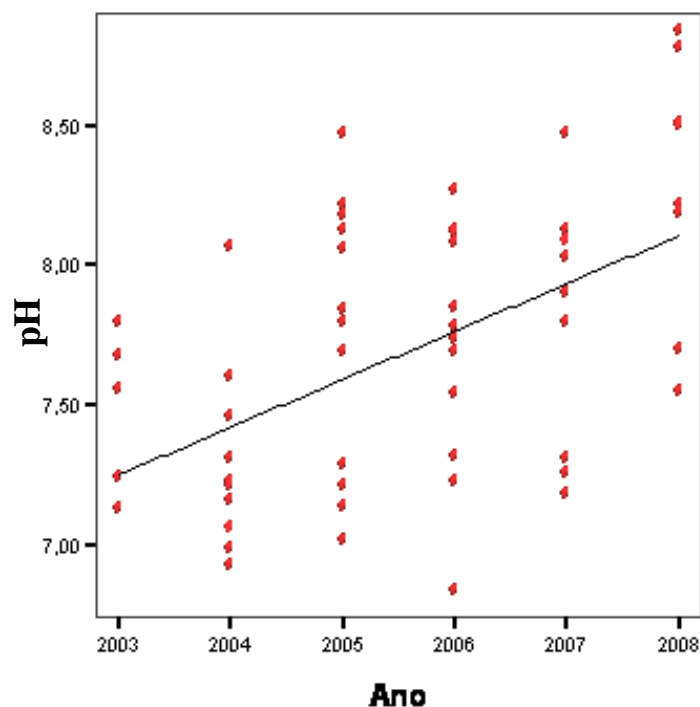


Figura 38 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP I

Tabela 8: Ajuste do Modelo de Regressão para o pH e o Ano na Represa IP I

$R^2=0,274$	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de $p$
<b>Coefficiente linear</b>	-335,783	74,738	<b>0,000</b>
<b>Coefficiente Angular</b>	0,171	0,037	<b>0,000</b>

De acordo com a Tabela 8, o ano explica 27,4% da variabilidade do pH, e a equação estimada para o pH é:

$$pH = -335,783 + 0,171Ano$$

Assim, o pH aumenta 0,171 a cada ano, uma vez que há efeito do Ano nesta variável ao nível de 5% de significância, haja vista que o valor de  $p$  foi aproximadamente zero. Sendo assim, em março de 2016 a água apresentará níveis de pH acima do limite superior (9,0) do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP I, considerando fixos outros possíveis fatores que influenciam o pH.

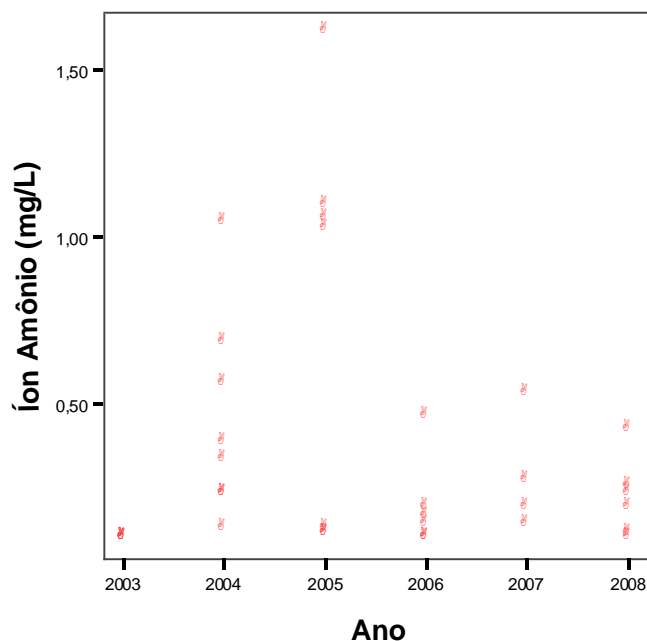
#### 6.4.1.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ )

Esteves (1998) cita que em limnologia, quando se encontra referências sobre a concentração de íon amônio, na maioria dos casos, estão relacionados com as concentrações de duas formas de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ ). Assim, a Resolução 357/05 do CONAMA se refere ao nitrogênio amoniacal total com valores correspondentes a 3,7 mg/L N para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/L N para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 1,0 para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; e 0,5 p/  $\text{pH} > 8,5$ . Neste caso, considerou-se o nível de Íon Amônio inferior a 2mg/L, e as análises serão baseadas neste limite estabelecido.

Esteves (1998) afirma, ainda que, no meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio livre ( $\text{N}_2$ ), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido ou em suspensão, amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) e ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Ressalta, ainda que os processos bioquímicos de conversão do íon amônio em nitrito e este em nitrato implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio, podendo afetar a vida aquática.

Von Sperling (2007) indica que em um meio de pH básico, o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) se transforma em amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) e a depender da sua concentração pode ser tóxica para os organismos aquáticos.

Na Figura 39 é apresentado o diagrama de dispersão entre as variáveis o Íon Amônio e Ano na represa de Ipitanga I. Veja que o Íon Amônio está quase sempre próximo de zero, e alguns valores passam de 0,5, e não sugere haver relação do Ano com o Íon Amônio. Além disso, todas as observações estão abaixo da Resolução 357/05 do CONAMA, que diz que o Íon Amônio deve corresponder a 2mg/L.



**Figura 39 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP I**

#### 6.4.1.5. Análise dos Dados do Fósforo Total

O limite máximo para o nível de Fósforo total determinado pela Resolução 357/05 do CONAMA é 0,1mg/L. A partir desse limite, serão avaliados os níveis amostrados desta variável para cada represa.

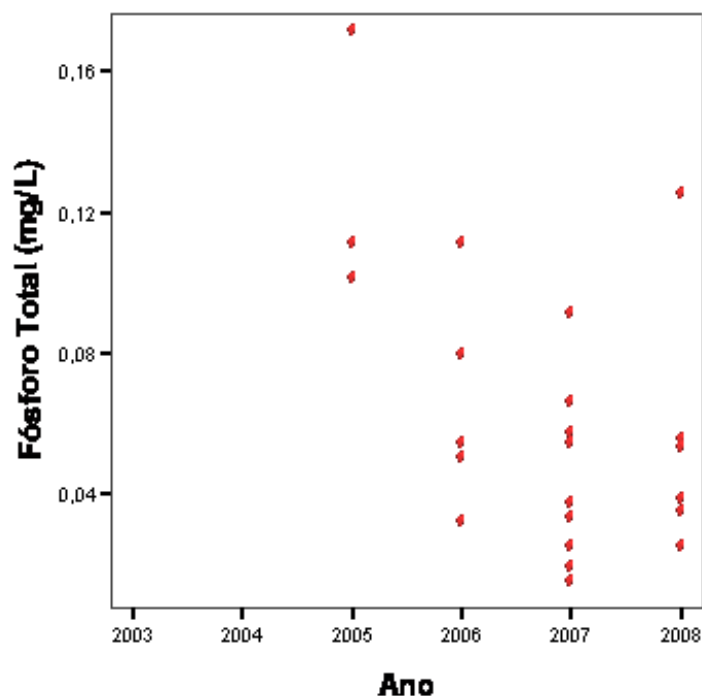
Informa Esteves (1998) que o fósforo na água encontra-se na forma iônica e na forma complexada, sob a forma de fosfato. Sendo suas principais formas, o fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido; fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato ou fosfato reativo, fosfato total dissolvido e fosfato total. Lembrando que estas formas dependem do pH da água e são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples (Von Sperling, 2007).

O fósforo, assim como o nitrogênio, é um dos elementos importantes para o metabolismo de ecossistemas aquáticos, no entanto quando presente em altas concentrações possibilita um ambiente adequado ao crescimento das cianobactérias, conduzindo o processo de eutrofização

do meio. Estes microorganismos são capazes de produzir toxinas com efeitos adversos à saúde (ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 2007).

A Figura 40 mostra o diagrama de dispersão entre a variável Fósforo total e Ano para a represa IP I. Como pode ser visto, só há informação sobre o Fósforo total a partir de 2005. Na represa IP I, não parece haver uma relação linear entre as variáveis, bem como nas outras represas também não indica essa relação.

Na represa IP I, quase todos os valores observados estão abaixo do nível permitido (0,1 mg/L), apenas dois valores (correspondente a 0,12mg/L e maior que 0,16mg/L), ultrapassam esse valor limite da Resolução. No entanto, como não se distancia muito do deste limite, as medidas para reduzir a poluição deste meio ficam mais viáveis economicamente do que num meio rico em fósforo total.



**Figura 40 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP I**

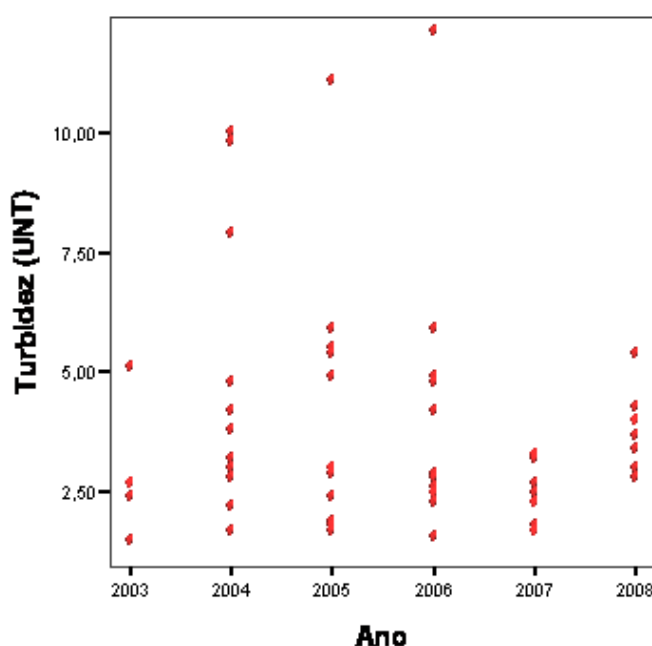
#### **6.4.1.6. Análise dos Dados da Turbidez**

Segundo Esteves (1998), a turbidez é um parâmetro importante no metabolismo dos organismos produtores de oxigênio no meio, pois é responsável pela redução da penetração do

feixe de luz nos diversos compartimentos (região litorânea, região limnética ou pelágica e região profunda) de um ecossistema aquático.

Para análise da qualidade da água das barragens I, II e III do rio Ipitanga, considerando a variável turbidez, a EMBASA tem como referência o valor limite de 40 UNT determinado pela Resolução 357/05 do CONAMA.

Observando a Figura 41 a turbidez não sugere indicar uma relação linear com o ano para a represa IP I. Na represa IP I todos os valores observados estão abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/05 (40UNT). Apesar do comportamento da turbidez não atingir os padrões estabelecidos pela Resolução citada, foi observado em inspeção de campo, tanto na represa I como na II e III, o intenso lançamento de efluentes e emissão de particulado das pedreiras e o assoreamento em que se encontra o manancial. Diante dessa realidade visual, o órgão ambiental do estado da Bahia, IMA, condicionou proposta de melhoria no processo produtivo das pedreiras. Com isso, foram incorporados pelas mineradoras decantadores e aspersores para reduzir a emissão de partículas e lançamento de efluentes acima do padrão estabelecido.



**Figura 41 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP I**

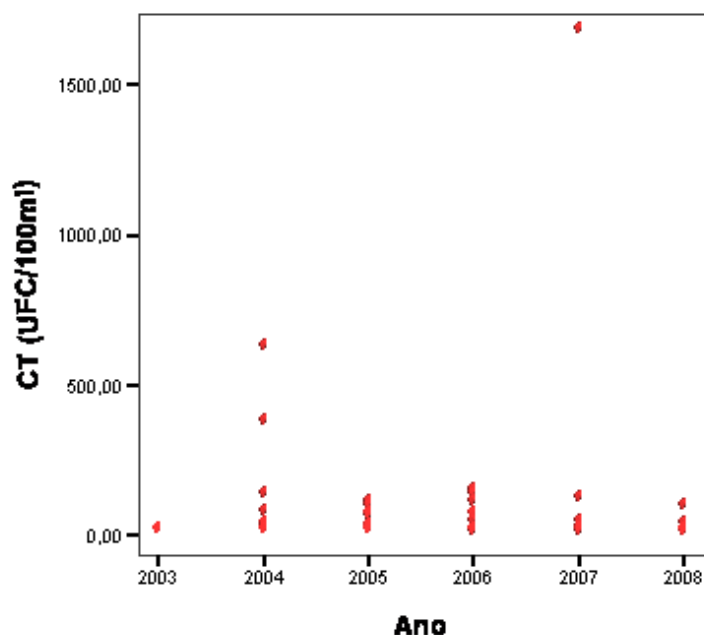
#### **6.4.1.7. Análise dos Dados dos Coliformes Termotolerantes**

Conforme Resolução 357/05 do CONAMA, para águas doces de classe II, para fins de abastecimento humano, os coliformes termotolerantes devem ser inferiores a 200 Unidade Formadora de Colônias (UFC)/100mL para que a água esteja em boa qualidade. Em se tratando dos coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução 274/00 do CONAMA. Sendo que para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *Escherichia coli* (*E. coli*) poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

A figura 42 representa o diagrama de dispersão entre o ano e Coliformes termotolerantes no período de 2003 a 2008 para a represa Ipitanga I. Na análise desta figura, foi considerado que não sugere haver aumento ou redução dos níveis de Coliformes termotolerantes (CT) com o passar dos anos, permanecendo um comportamento até estável. Porém, existem valores de CT que estão excedendo o limite pré-determinado pela Resolução 357/05 (inferiores a 200UFC/100mL). No caso de IP I, como nas outras duas barragens, houve ocorrências de alguns valores discrepantes, ou seja, acima do limite de 200UFC/100mL. O maior valor observado nesta represa foi de pouco mais de 1500UFC/100mL em IP I.

É necessário um estudo mais detalhado e um planejamento amostral mais amplificado para identificar em quais regiões da represa estes valores ocorrem com maior frequência para que seja tomada alguma medida preventiva em relação a estas discrepâncias.





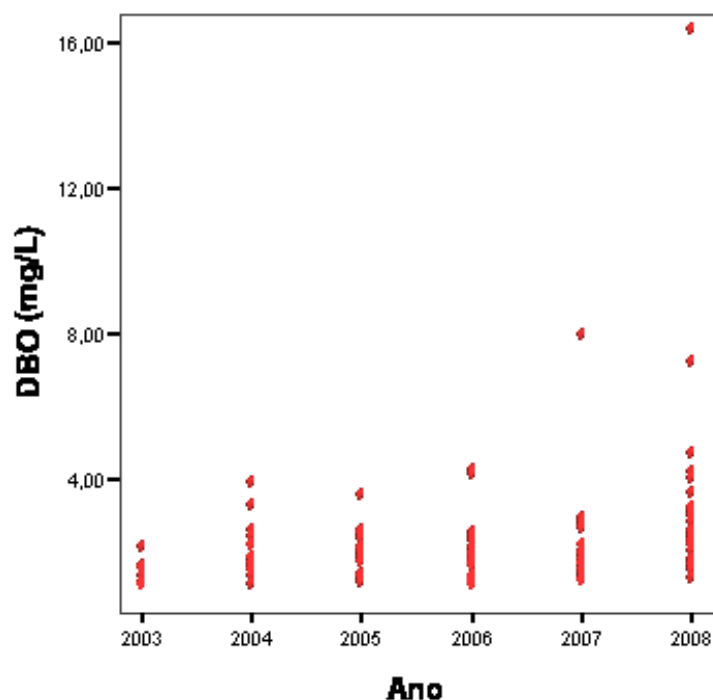
**Figura 42 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP I**

## 6.4.2. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga II

As informações referentes às bases conceituais e teóricas das variáveis estudadas nesta pesquisa foram abordadas no item anterior e devem ser consideradas para todas as análises seguintes.

### 6.4.2.1. Análise dos Dados de DBO

A Figura 43 mostra que para a represa IP II, também não indica que com o passar dos anos a DBO teve uma alteração significativa, mesmo apesar da ocorrência de alguns índices de DBO terem apresentado alguns valores (7,0 e 8,0 mg/L) nos anos de 2007 e 2008 fora dos limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA. Esses valores acima do limite nesses dois anos podem estar indicando que em certa região da represa IP II por ocorrer eventuais lançamentos de efluentes de modo irregular.



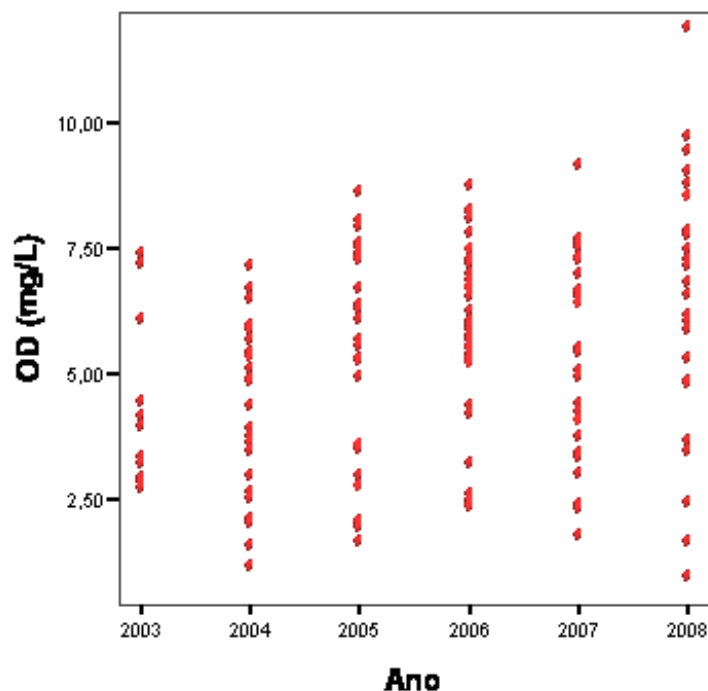
**Figura 43 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP II**

#### **6.4.2.2. Análise dos Dados de OD**

Assim como na represa IP I, na represa IP II, o OD não indica ter uma relação linear com o ano, mas há uma concentração significativa de valores abaixo de 5mg/L, como pode ser verificado na figura 44. Como também há uma concentração considerável de valores acima deste limite, indicando que em certas regiões da represa IP II o OD está abaixo do especificado pela Resolução 357 do CONAMA, e em outras regiões, a represa apresenta bons níveis de OD.

A falta de periodicidade dos dados amostrais é um fator importante a ser considerado na amostragem do OD para efeitos de um bom resultado no monitoramento. Isso porque o OD varia conforme o período do dia (manhã ou tarde) ou se está ensolarado ou chuvoso. Neste caso, a oscilação diária no valor de OD pode ter algumas inconsistências pelo modo que foi coletado.

No caso de sucessiva diminuição do OD para as espécies aquáticas, Von Sperling (2007) ressalta que pode comprometer a permanência das menos resistentes, e detectar a presença de matéria orgânica e poluição.

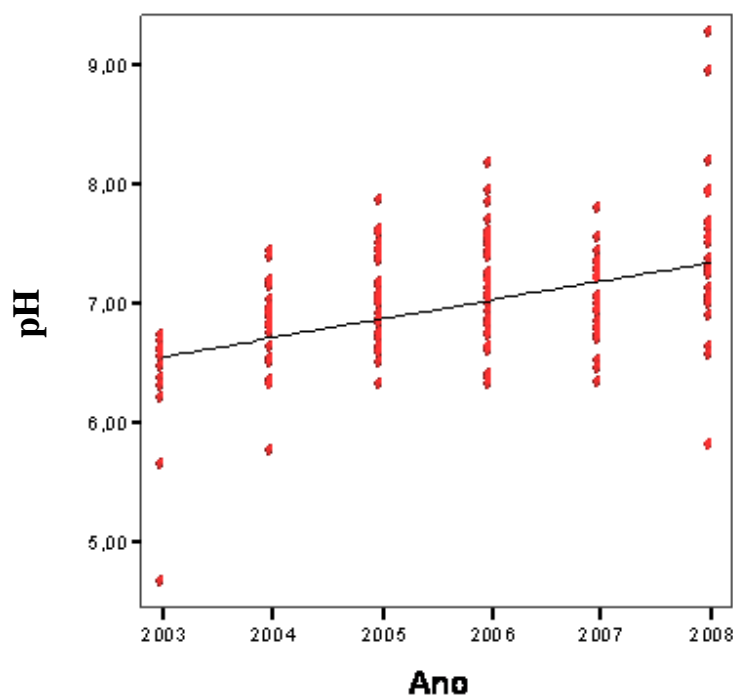


**Figura 44 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP II**

#### **6.4.2.3. Análise dos Dados do pH**

Observa-se que os dados de pH na represa IP II representado na figura 45, sugere aumento do pH ao passar dos anos, encontrando valores fora do intervalo de especificação. Destes valores, no período entre 2003 a 2008, quatro estão abaixo do limite inferior (6,0) do intervalo e, um valor, em 2008, está acima do limite superior (9,0) do intervalo.

Como em IP I, IP II indicou, também haver relação linear entre o pH e o Ano, deste modo foi ajustado o modelo de regressão linear simples para estas duas variáveis, e os resultados são apresentados na tabela 9.



**Figura 45 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP II**

**Tabela 9: Ajuste do Modelo de Regressão para o pH e o Ano na Represa IP II**

<i>R</i> <sup>2</sup> =0,182	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de <i>p</i>
<b>Coeficiente linear</b>	-310,300	54,812	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	0,158	0,027	<b>0,000</b>

Para a represa IP II o Ano explica 18,2% da variabilidade do pH, e os resultados do ajuste do modelo apresentado na Tabela 8, resultam na equação estimada para o pH dada por

$$pH = - 310,300 + 0,158Ano$$

deste modo, o pH aumenta 0,158 a cada ano, uma vez que há efeito do Ano nesta variável ao nível de 5% de significância, haja vista que o valor de *p* foi aproximadamente 0 (zero). Sendo assim, em outubro de 2020 a água apresentará níveis de pH acima do limite superior do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP II, sendo mantidas as condições ambientais atuais. Deste modo, é necessário entender os motivos de o pH apresentar uma

tendência crescente nessas duas represas, de forma a encontrar possíveis soluções para a redução desses níveis, antes que eles sejam ultrapassados.

#### 6.4.2.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ )

Como consta na Figura 46, o Íon Amônio apresenta níveis acima do que o limite máximo (2,0 mg/L) determinado pela Resolução 357/05, porém não indica que esta variável esteja aumentando ou diminuindo com o passar dos anos. Contudo, é preciso adotar medidas para reduzir esses níveis de tal forma que se tenha uma água de boa qualidade, sem elevado aporte de matéria orgânica. Os valores observados que estão acima do limite, pode ter sido de algum lançamento desregular na região da represa IP II, haja visto que há uma quantidade considerável abaixo do limite onde a água está com melhor qualidade.

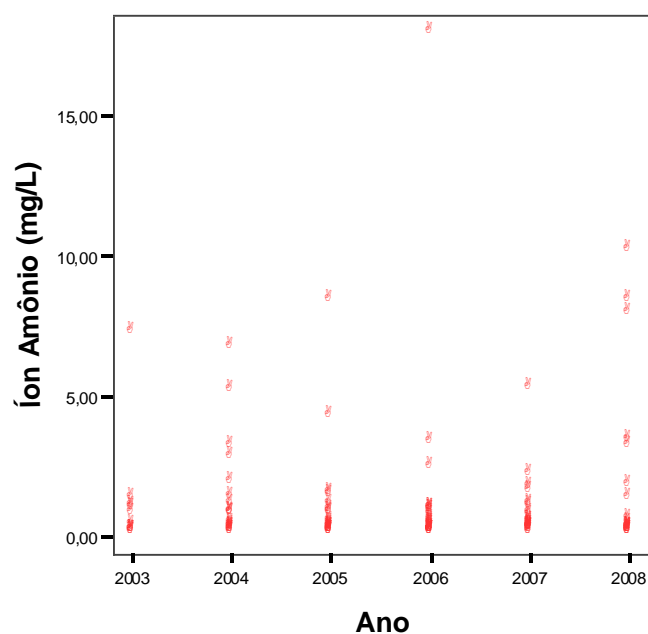


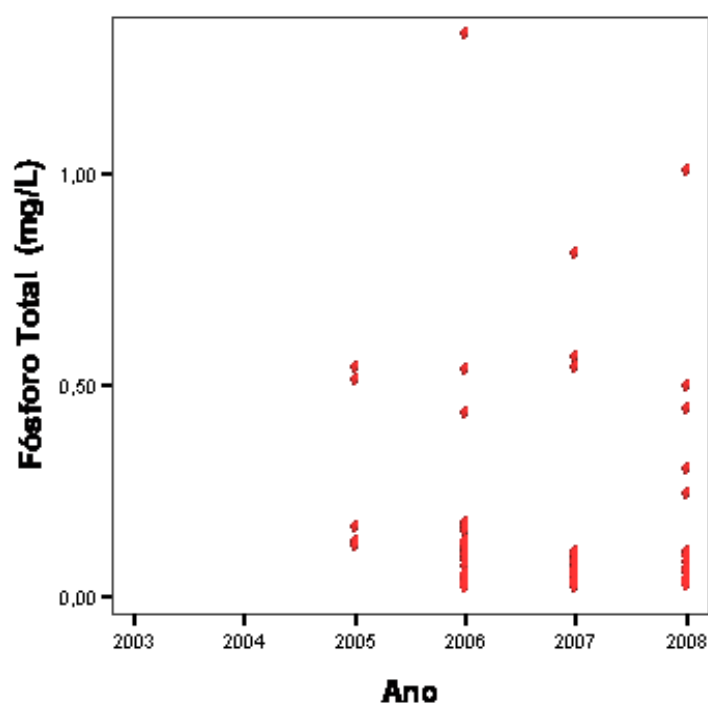
Figura 46 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP II

#### 6.4.2.5. Análise dos Dados do Fósforo Total

A Figura 47 mostra o diagrama de dispersão entre a variável fósforo total e Ano para a represa IP II. Como pode ser observado, só há informação sobre o fósforo total a partir de

2005. Na represa IP II, bem como nas outras represas, não sugere haver uma relação linear entre as variáveis.

Na represa IP II alguns valores aparece com certa freqüência nas observações (valores obtidos na amostra) acima do que especifica a Resolução 357/05, distanciando de 0,1mg/L, chegando a estender-se a 1mg/L. Sendo assim, as medidas de prevenção e controle de lançamentos de resíduos e efluentes domésticos e industriais que reduzam os níveis de Fósforo Total, já que nas outras represas, os poucos valores que ultrapassaram o limite, não extrapolaram tanto.



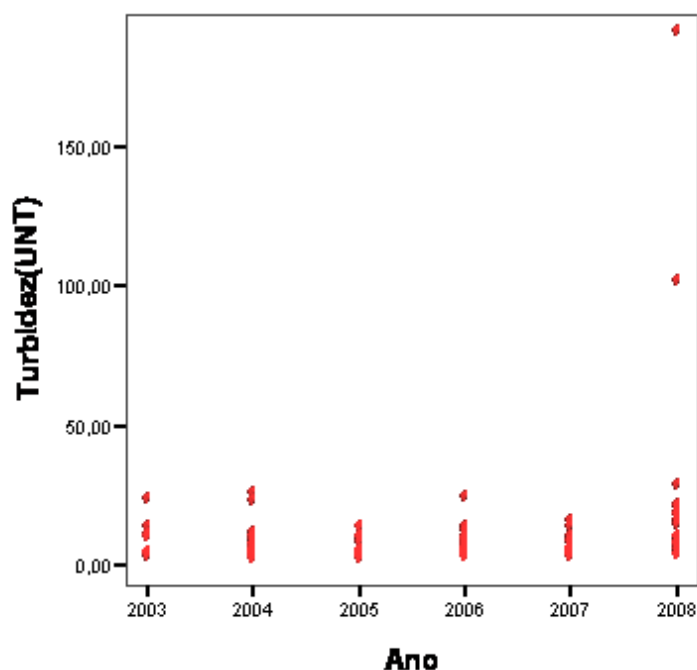
**Figura 47 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP II**

#### **6.4.2.6. Análise dos Dados da Turbidez**

Conforme indicação da Resolução 357/05 do CONAMA, os níveis de turbidez não devem exceder 40 UNT.

Observando a Figura 48, a turbidez pouco indica haver relação linear com o ano para a represa IP II.

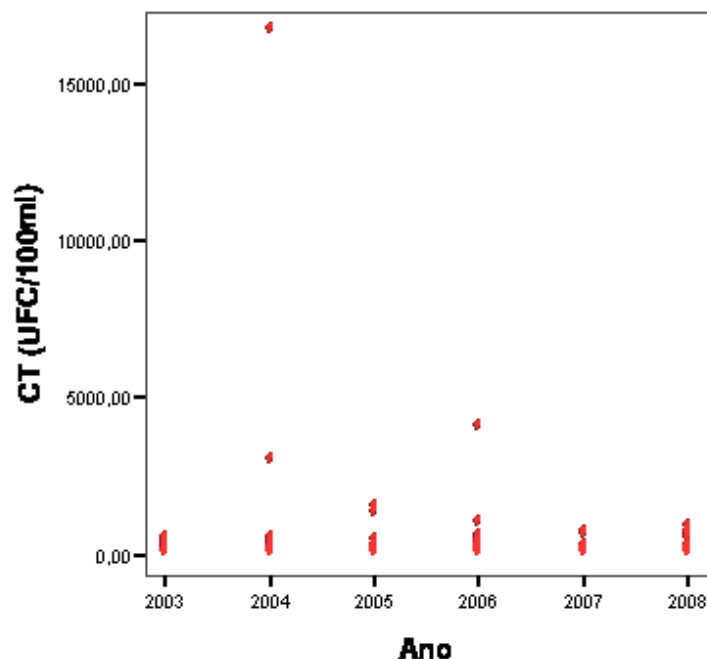
Em IP II, foram observadas duas ocorrências ultrapassando o valor limite da Resolução 357/05 do CONAMA (40UNT), atingindo o valor de 100UNT, porém nas demais represas (I e III), apesar das observações nos valores de turbidez não terem atingido o limite da Resolução citada, em inspeções de campo, se verificou, o intenso descarte de efluentes de natureza industrial e doméstica, e uma situação de descaso por parte dos órgãos ambientais competentes.



**Figura 48 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP II**

#### **6.4.2.7. Análise de Dados dos Coliformes Termotolerantes**

Na figura 49 mostra o diagrama de dispersão entre o ano e coliformes termotolerantes no período de 2003 a 2008 para a represa Ipitanga II. Concebe, ainda, não indicar alteração dos níveis de coliformes termotolerantes (CT) com o passar dos anos. Porém, ocorrem valores excedendo o limite pré-determinado de 200UFC/100mL pela Resolução 357/05 para fins de abastecimento humano. Apresentando observações atípicas, como alguns valores próximos de 4000UFC/100mL, e outro de 16600UFC/100mL.



**Figura 49 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP II**

### **6.4.3. Análise das Variáveis na Represa Ipitanga III**

#### **6.4.3.1. Análise dos Dados de DBO**

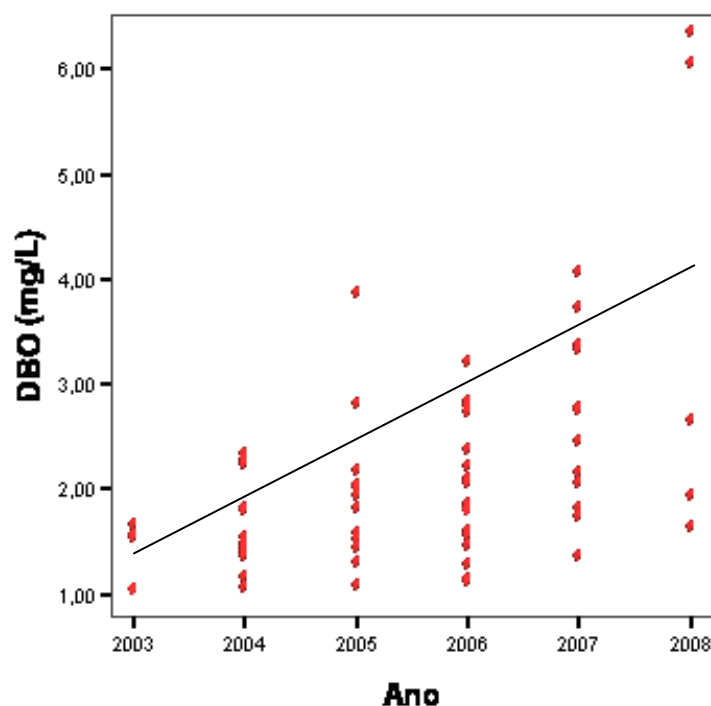
Ao contrário do que acontece nas represas IP I e IP II, em IP III parece haver uma relação linear positiva do Ano com a DBO como pode ser verificado na figura 50. Apesar desta aparência crescente da DBO com o ANO, apenas duas observações foram superiores ao limite da Resolução CONAMA 357/05 no ano de 2008.

Esta tendência crescente pode ser observada na figura 50 indicando que está havendo lançamento irregular e aporte de Matéria Orgânica (MO) fazendo com que a DBO aumente com o passar dos anos. O modelo de regressão será ajustado para estes dados, de forma a ajudar a entender como a DBO cresce à medida que passam os anos na represa de Ipitanga III. A Tabela 10 mostra os coeficientes ajustados, e o valor de  $p$ .



**Tabela 10: Ajuste do Modelo de Regressão para a DBO e o Ano na Represa IP III**

$R^2=0,267$	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de $p$
<b>Coeficiente linear</b>	-754,026	158,905	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	0,377	0,079	<b>0,000</b>

**Figura 50 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP III**

A equação estimada da DBO é

$$\hat{D\acute{B}O} = -754,026 + 0,377 \text{ Ano}$$

sendo que o Ano está explicando 26,7% da variabilidade da DBO, de acordo com o  $R^2$ . Sendo assim, temos que a DBO cresce 0,377mg/L a cada ano. Tomando como base os resultados apresentados na Tabela 3, que indicam que a variável Ano é estatisticamente significativa para explicar a Dependência Bioquímica de Oxigênio, ao nível de 5%, já que o valor de  $p$  foi aproximadamente zero. Desta forma, no final do mês de março do ano de 2013, o valor estimado para a DBO atingirá o limite máximo de especificação da Resolução 357/05 do

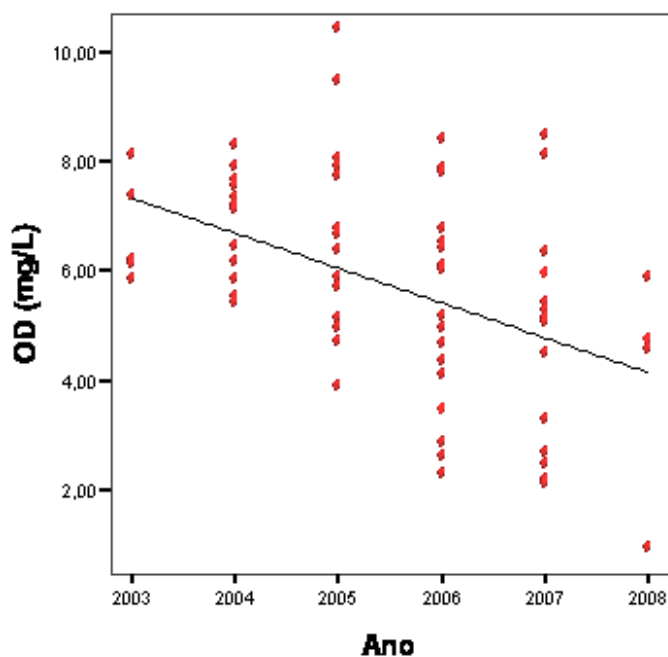
CONAMA (<5mg/L) na represa IP III, considerando fixas as outras influências que agem sobre a DBO.

Para a represa Ipitanga II, os valores médios de DBO são maiores que para Ipitanga I, aumentando ainda mais para Ipitanga III. Isto reflete o modelo de ocupação da área, pois Ipitanga I localiza-se totalmente em Salvador, com um alto grau de ocupação por sítios particulares, conjuntos habitacionais e pedreiras e, Ipitanga II e III, por sua vez, que é cortada pela rodovia CIA/Aeroporto, e recebem contribuições de efluentes domésticos e industriais do CIA. A represa Ipitanga II localiza-se em Salvador e Simões Filho e é ocupada por sítios particulares. A barragem de Ipitanga III, também com problemas de ocupação desordenada, está inserida em Simões Filho e Salvador com pequena influência de Lauro de Freitas.

Desta forma, é necessário entender o motivo de a DBO estar crescendo nesta represa, sendo que nas outras duas a DBO apresentou um comportamento constante, a fim de serem providenciadas medidas que cessem o comportamento crescente deste índice em IP III.

#### **6.4.3.2. Análise dos Dados de OD**

No barramento de IP III parece haver uma relação linear negativa entre o Ano e o OD como demonstrado na figura 51 em que é possível verificar também que já há quantidade considerável de valores abaixo de 5mg/L para o OD, a partir de 2005.



**Figura 51 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP III**

Como os dados indicam ter uma relação linear para a represa IP III, então foi ajustado o modelo de regressão para o OD e o Ano nesta represa.

Como pode ser visto na Tabela 11, a equação estimada do OD é:

$$\hat{OD} = 1287,136 - 0,639Ano$$

**Tabela 11: Ajuste do Modelo de Regressão para o OD e o Ano na Represa IP III**

$R^2=0,212$	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de $p$
<b>Coefficiente linear</b>	1287,136	301,939	<b>0,000</b>
<b>Coefficiente angular</b>	-0,639	0,151	<b>0,000</b>

sendo que o Ano está explicando 21,2% da variabilidade da OD, de acordo com o  $R^2$ . Sendo assim, temos que o OD decresce 0,639mg/L a cada ano. Os resultados da Tabela 10 também mostram que a variável Ano é estatisticamente significativa para explicar o Oxigênio

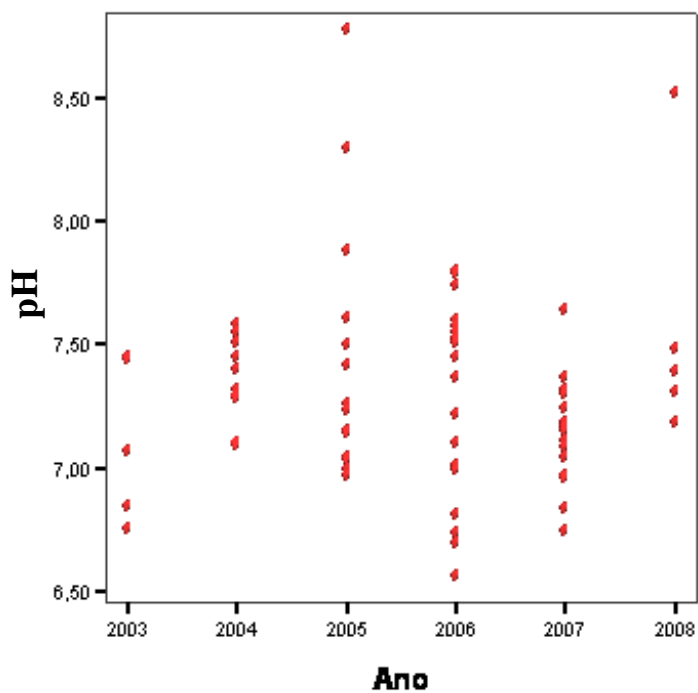
Dissolvido, ao nível de 5% de significância, já que o valor de  $p$  foi aproximadamente zero e, portanto menor do que 5%. Sendo assim, de acordo com a equação, desde 2006 as águas da barragem de IP III já apresentavam níveis de OD abaixo do que é estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA (5mg/L), e no ano de 2010, o valor estimado para o OD é de 2,746mg/L. Se as condições de IP III permanecerem com as mesmas condições atuais, em março de 2014 o nível de OD chegará a zero.

Assim como acontece com a DBO em IP III, o OD também terá um comportamento crítico, e precisa ser mais estudado, para que medidas sejam tomadas em relação às águas desta represa com objetivo de uma condição ambiental satisfatória para atender a demanda de abastecimento humano e ecológico.

É importante lembrar que a inexistência de oxigênio dissolvido na água, segundo Von Sperling (2007), implica na presença de matéria orgânica e poluição e, conseqüentemente, na mortandade de espécies aquáticas.

#### **6.4.3.3. Análise dos Dados do pH**

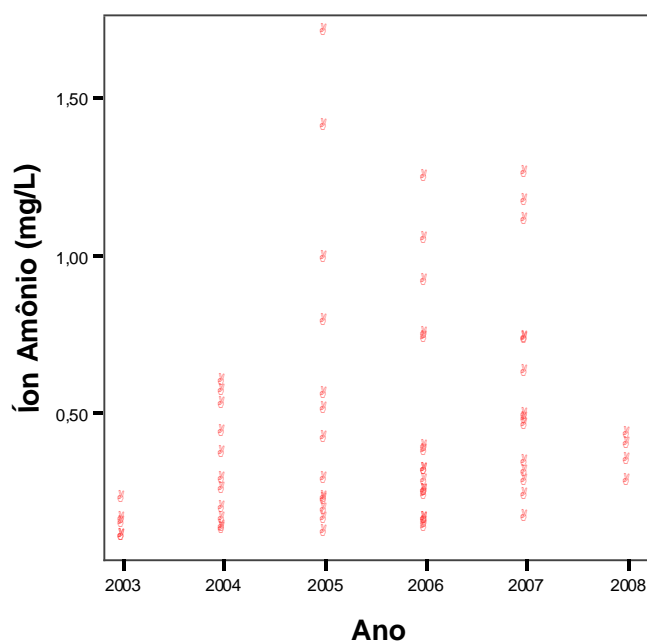
A figura 52 mostra que na barragem de IP III não indicou haver relação com o passar dos anos, permanecendo o pH sem alteração. Os valores desta variável estão dentro do intervalo de especificação da Resolução 357/05 do CONAMA, então no barramento de IP III não há indícios de ocorrência com problemas em relação ao nível do pH.



**Figura 52 – Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP III**

#### **6.4.3.4. Análise dos Dados do Íon Amônio ( $\text{NH}_4^+$ )**

A figura 53 mostra que a represa IP III não apresenta problema com o nível do íon Amônio, e também não sugere alterar o comportamento ao passar dos anos, pois nenhum valor amostrado se encontra acima do limite pré-determinado (2,0 mg/L).



**Figura 53 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP III**

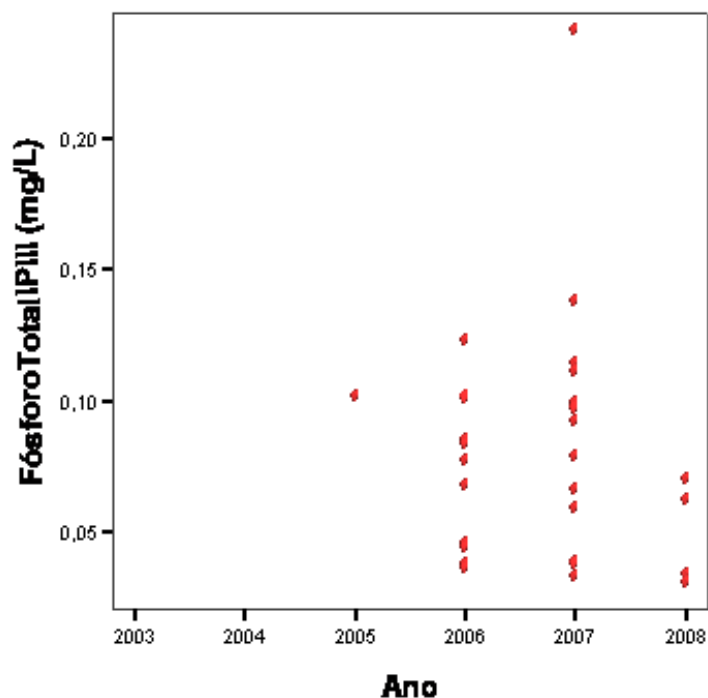
#### 6.4.3.5. Análise dos Dados do Fósforo Total

Considerando o limite máximo para o nível de fósforo total determinado pela Resolução 357/05 é 0,1mg/L. Segue análises dos valores obtidos e tratados na barragem de IP III.

A figura 54 mostra o diagrama de dispersão entre a variável fósforo total e Ano para as represas IP III. Como informado anteriormente, cabendo ratificar que a informação sobre o fósforo total foi contabilizada a partir de 2005, quando se iniciou a coleta desta variável.

No barramento de IP III existe certa frequência de observações (valores obtidos na amostra) acima do que especifica a Resolução 357/05, e neste caso os níveis de fósforo total se distanciam mais de 0,1mg/L, ultrapassando 0,2mg/L. Deste modo, nesta barragem tem-se a necessidade de controlar e até evitar o lançamento de resíduos e efluentes, para com isso eliminar o aporte de nutrientes acima da capacidade de equilíbrio deste ambiente aquático.

Além de que, a contribuição do P total no meio aquático deve ser mantida sobre controle, pois este elemento é um dos principais responsáveis pela eutrofização do meio aquático (ESTEVES, 1998; VON SPERLING, 2007).



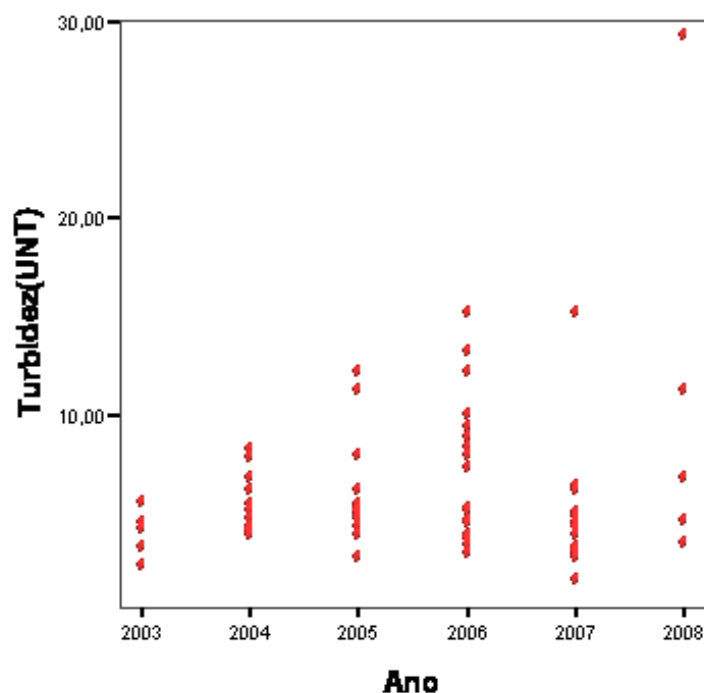
**Figura 54 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Fósforo Total na Represa IP III**

#### 6.4.3.6. Análise dos Dados da Turbidez

A indicação do valor de referência para turbidez, segundo Resolução 357/05 do CONAMA determina que os níveis não excedam 40 UNT. Por isso, para análise da qualidade da água através desta variável nesta represa será considerado este limite.

De acordo com a figura 55, a Turbidez não demonstra haver relação linear com o ano, o mesmo ocorreu nas represas IP I e II.

Na represa IP III, todos os valores observados estão abaixo de 40UNT. No entanto, como apresentado nas discussões anteriores, na realidade observada em campo e das demandas atuais desta represa é eminente uma gestão hídrica compatível com a sustentabilidade local.



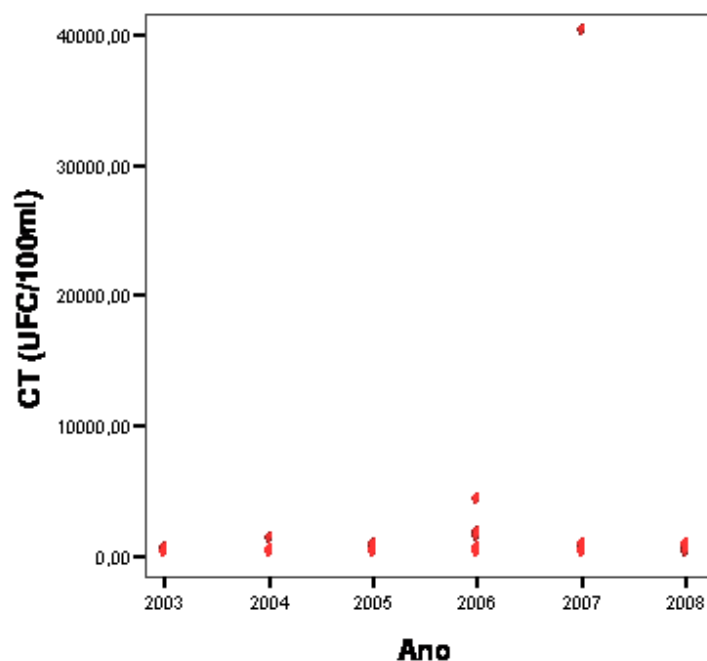
**Figura 55 – Diagrama de Dispersão entre Ano e Turbidez na Represa IP III**

#### **6.4.3.7. Análise dos Dados dos Coliformes Termotolerantes**

Para que a água esteja em boa qualidade, a Resolução 357/05 do CONAMA, estabelece como referência para o parâmetro coliformes termotolerantes valores inferiores a 200 Unidade Formadora de Colônias (UFC)/100mL. Considerando, ainda que a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

A figura 56 representa o diagrama de dispersão entre o ano e coliformes termotolerantes no período de 2003 a 2008 para Ipitanga III. Na sequência da análise deste parâmetro em IP III, demonstra não indicar alterações nos níveis de coliformes termotolerantes (CT) com o passar dos anos. Além de não haver observação excedida do limite pré-determinado pela Resolução 357/05, no entanto, existe um ponto atípico apresentando valor de 40000UFC/100mL, bastante discrepante das demais observadas. Em comparação as represas IP I e II, com alguns valores também discrepantes próximos de 1500UFC/100mL (IP I), e próximos de 5000 e 16600UFC/100mL (IP II).





**Figura 56 – Diagrama de Dispersão entre Ano e CT na Represa IP III**

É necessário um estudo mais detalhado para saber em quais regiões da represa estes valores ocorrem, para que seja tomada alguma providência em relação a estas discrepâncias.

### **6.5. Algumas considerações sobre os resultados obtidos**

Depois da análise estatística realizada, pode-se verificar que, de um modo geral, a qualidade da água das represas I, II e III do rio Ipitanga encontra-se comprometida, principalmente pelo aporte de matéria orgânica, provavelmente proveniente de lançamento de efluente industrial e esgoto doméstico não tratado. A correlação entre  $\text{NH}_4^+$  e o P total reforça esta análise.

Para as variáveis onde a correlação linear foi obtida, observa-se que em 2010 a qualidade da água das três represas poderá estar seriamente afetada, se as condições atuais foram mantidas. Deste modo, constatou-se a necessidade de um plano de gestão deste recurso hídrico com perspectivas de evitar a degradação a curto e médio prazo deste manancial, uma vez que pode comprometer seriamente os 40% do abastecimento de água em Salvador. Além do mais, caso afete o poder de autodepuração do rio, incorre na inviabilidade do tratamento pelo alto custo e/ou indisponibilidade tecnológica.

## **7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O Rio Ipitanga é o principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, e utilizado para diversos usos humanos, tais como: abastecimento público, atividade industrial, irrigação, navegação, lazer, diluição de efluentes, dentre outros. Porém, apesar das atividades antrópicas existentes, o comportamento das variáveis estudadas neste trabalho não ultrapassou os valores preditos pela Resolução 357/05 do CONAMA. Todavia, há indícios de que as mesmas estão sendo alteradas com o passar dos anos, colocando em risco o futuro equilíbrio ambiental deste manancial. Este fato é ratificado devido à ocorrência de algumas discrepâncias encontradas nos resultados de algumas variáveis estudadas, como a boa correlação entre a DBO e turbidez, OD e pH, e o íon amônio com o fósforo total. Apresentando sinais de degradação no que diz respeito à qualidade de suas águas pelo volume de efluente lançado.

A situação atual da falta de infra-estrutura urbana adequada na área de estudo e inserção de novas atividades antrópicas dificultam ainda mais as ações de preservação ambiental, promovendo, com isto a degradação progressiva do potencial dos recursos hídricos. Em função deste avanço populacional e crescimento desordenado na região do entorno das barragens de IP I, II e III, a demanda por água tratada cresceu muito, aumentando também a produção de esgotos domésticos e industriais. Apesar desta situação, um planejamento baseado numa gestão integrada dos recursos naturais com o desenvolvimento socioeconômico deve ser empreendido antes que este manancial se torne impróprio para os diversos usos.

Neste contexto, impulsionados pelo avanço das tecnologias e modelos que colaboram na interpretação do ambiente real, os tomadores de decisão tendem a utilizar estas ferramentas para melhor diagnosticar e avaliar suas ações. Nesse propósito, a rede de monitoramento qualidade da água feita pela EMBASA é uma importante ferramenta de implantação e/ou aprimoramento de iniciativas tecnológicas na tentativa de melhorar e conservar a qualidade das águas na região onde estão localizadas as represas Ipitanga I, II e o barramento de Ipitanga III.

Neste sentido, de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, sugere que em IP III sejam demandados cuidados urgentes de proteção hídrica e controle de emissão de efluentes, por possuir eventos insatisfatórios relativos às variáveis DBO e OD, apresentando níveis crescentes, e decrescentes respectivamente. Já em relação a variável pH, os problemas apareceram nas represas IP I e IP II, que apresentaram níveis crescentes desta variável.

Apesar de não ter sido verificada relação linear dos coliformes termotolerantes com o ano, é necessário entender o motivo da ocorrência de valores tão discrepantes desta variável. O mesmo ocorre em relação a variável íon amônio em IP III, que apresentou valores muito acima do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA de 0,1mg/L.

No caso da temperatura ambiente, mesmo estando com um comportamento constante em todo período estudado pode sofrer alteração em função de outras variáveis que também alteram seus valores.

Para o tratamento dos dados e ajustes dos modelos analisados nesta pesquisa foi feita a análise de resíduos para verificar se os pressupostos estavam sendo satisfeitos. Todos os modelos foram aprovados por esta análise garantindo uma boa predição, considerando fixos outros possíveis fatores que podem influenciar direta ou indiretamente na qualidade da água. Um dos fatores que poderia assegurar a explicação dos índices das variáveis respostas consideradas neste trabalho seria a informação sobre a quantidade e presença ou não de moradia nos arredores das represas que não foi apresentada por falta de dados. A EMBASA iniciou um estudo para obter este dado, mas ainda não disponibilizado para esta pesquisa.

Apesar do comportamento das variáveis estudadas não ultrapassarem os valores preditos pela Resolução 357/05 do CONAMA, o processo de degradação do rio Ipitanga é crescente a cada ano. Este fato é ratificado devido à ocorrência de algumas discrepâncias encontradas nos resultados de algumas variáveis estudadas, além dos efeitos antrópicos observados em campo. Entendendo essa premissa, é importante considerar a necessidade de adotar medidas para não comprometer a qualidade das águas do rio e não limitar a sua capacidade de autodepuração.

Neste sentido, foi possível observar impactos ambientais durante as expedições de campo realizadas, sendo, então, necessários estudos sistemáticos a fim de identificar fatores de exploração ambiental, tais como: mapeamento das principais áreas de risco para fins de controle da degradação visual da paisagem urbana; requalificação urbana e ambiental através de ações fiscalizadoras efetivas com vistas a um desenvolvimento espacial adequado com o ambiente e melhor distribuição racional dos recursos naturais para controle da ocupação e uso do solo em áreas de proteção dos mananciais. Para tanto, é importante promover a integração entre os órgãos ambientais a fim de sistematizar o processo de decisões públicas e privadas, intensificando a fiscalização em atividades industriais, para evitar a disposição final

inadequada dos resíduos sólidos e líquidos. Além disso, também é fundamental a implementação e o fortalecimento das políticas públicas, voltadas a projetos de reflorestamento da mata ciliar, preservação dos remanescentes de vegetação e ordenamento do uso e ocupação do solo, e implantação de programas de preservação das áreas das bacias hidráulicas e de suas nascentes, coibindo a ocupação de áreas de preservação permanente.

Sugere-se, ainda, que seja feito o monitoramento constante dos parâmetros hidráulicos e de qualidade da água do Rio Ipitanga, de modo que seja possível estabelecer séries históricas referentes a esse corpo hídrico. Dessa forma, será possível alimentar os modelos matemáticos em simulações futuras com dados ainda mais consistentes, o que garantirá respostas cada vez mais confiáveis.

Propor concessões a empreendimentos e atividades que priorizem investimentos financeiros para conservação e preservação local é outra ferramenta importante para ações que definem um planejamento compatível com a demanda social, econômica e ambiental integrado ao equilíbrio entre o desenvolvimento da região.

Importante, também, para que sejam minimizados os problemas de degradação ambiental ora detectados na bacia hidrográfica pesquisada, que se promovam estudos voltados para ações preventivas e corretivas de controle e tratamento das águas com a inclusão de processos mecânicos (aeração, remoção dos sedimentos, remoção de algas e de macrófitas), químicos (uso de algicidas, oxidação do sedimento com nitratos, neutralização) e biológicos (biomanipulação, uso de cianófagos e uso de peixes herbívoros).

Além dessas alternativas e estudos, é importante a identificação dos pontos críticos no sistema viário (manutenção e cruzamento com os corpos hídricos) considerando a abordagem sistêmica de seus conflitos ambientais, ecodinâmica de toda a sub-bacia, prevenção, redução e controle dos vazamentos de produtos industriais de dutovias, oleodutos e rodovia. Importante, ainda, é implantar sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e ambiental, com rede coletora e estação de tratamento de esgotos, bem como obras de drenagem pluvial a título de reduzir a carga de matéria orgânica no corpo hídrico. Outro estudo possível de identificar os fatores de pressão social e ambiental é promover programas de monitoramento e o controle da qualidade da água dos mananciais.

Sugere-se a continuidade do presente estudo, visando avaliar e antever cenários futuros prejudiciais a qualidade da água do Rio Ipitanga, de tal forma que cada vez mais seja possível entender as alterações hídricas e suas influências antrópicas. Eliminando, portanto, as estimativas negativas obtidas e os prejuízos ambientais de maiores proporções. Além disso, pesquisas dessa natureza podem e devem ser desenvolvidas, uma vez que nesta região carece de estudos no que diz respeito à modelagem da qualidade das águas e sua gestão.

## REFERÊNCIAS

- ABRISHAMCHI, A.; TAJRISHY, M.; SHAFIEIAN, P. **Uncertainty Analysis in QUAL2E Model of Zayandeh-Rood River**. In: Water Environment Research. v. 77. n. 3. 279 - 286. 2005.
- ALBANO, G.D.; PORTA, R.L.L. **Aplicação Integrada de Modelos Matemáticos de Qualidade e de Quantidade de Água: o caso das represas Jaguari-Jacareí no Sistema Cantareira**. 2005.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil**. Cadernos de recursos hídricos. Brasília, DF: ANA [et al.]. v. 1. 175 p. 2005.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **O Estado das Águas no Brasil - 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília, DF: MME [et al.]. 334 p. 1999.
- \_\_\_\_\_. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, DF: ANA/ANEEL. 3. ed. 326 p. 2002.
- \_\_\_\_\_. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, DF: ANEEL. 2. ed. 243 p. 2005.
- ARAÚJO, F.F.V.; CASTRO, M.A.H.; FIGUEIREDO, M.C.B. **Simulação da Qualidade da Água em Trecho de Rio Sujeito a Lançamento de Efluentes da Carcinicultura**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais. João Pessoa, PB: ABRH. 2005.
- ARAÚJO, J.C.; SANTAELLA, S.T. **Gestão da Qualidade**. In: Gestão das Águas. Nilson Campos e Ticina Studart (Edit.). Porto Alegre, RS: ABRH. 2. ed. 242 p. 2001.
- ATKINSON, J.F.; BLAIR, S.; TAYLOR, S.; GHOSH, U. **Surface Reaeration**. In: Journal of Environmental Engineering. 113 - 118. 2004.
- BAHIA (Estado) Centro de Recursos Ambientais (CRA). **Avaliação da qualidade das águas: Bacias hidrográficas**. Relatório técnico. 2001b. 200 p.
- BAHIA (Estado) Centro de Recursos Ambientais (CRA). **Diagnóstico ambiental da APA Joanes-Ipitanga**. Relatório final. Qualidade ambiental atual. v. I Junho: 2001a. 250 p.
- BAHIA (Estado). Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). **Plano Piloto da Orla Marítima: Ipitanga, Jauá, Arembepe, Guarajuba, Tassimirim**. Salvador: 1985, 258 p.
- BAHIA (Estado). Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). **Estudos básicos para a identificação de categorias de unidades de conservação nas áreas de influência das bacias hidráulicas do Joanes I e do Ipitanga III, II e I**. v.1, Salvador: 1991. 200 p.

BAHIA (Estado). Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). **Perfil dos municípios de Camaçari, Candeias, Dias D'Ávila, São Francisco do Conde e Lauro de Freitas**. Salvador: 1992. 105 p.

BAHIA (Estado). Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER). Painel de Informações da RMS (**Informis**). Salvador: 1997. 35 p.

BAHIA (Estado). Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR). Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH). **Programa água é vida. Programa de recuperação e preservação de mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana de Salvador (RMS)**. Relatório Final. Salvador: março/2004.

BAHIA (Estado). Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação (SRHSH). Plano Diretor de Recursos Hídricos: Bacias do Recôncavo Norte e Inhambupe: **documento síntese**. Salvador: 1996. 294 p.

BAHIA (Estado). Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A. (EMBASA). Sistema integrado de produção de água da Região Metropolitana de Salvador, certificado pela ISO 9001:2000. **Folheto de Informações**. Salvador: 2005, 16 p.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). Análise dos atributos climáticos do Estado da Bahia. Salvador: **Série Estudos e Pesquisas**. 1998. 85 p.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). Balanço hídrico do Estado da Bahia. Salvador: **Série Estudos e Pesquisas**. 1999. 250 p.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). **Uso atual das terras**: Bacias do Recôncavo Norte e do Rio Inhambupe. Salvador: 2003a. 114 p.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). **Anuário Estatístico da Bahia**, v. 1, Salvador: 2003b. 694 p.

BAHIA (Estado). Centro de Estatística e Informações (CEI). **Informações dos municípios baianos**. Região Metropolitana. Salvador, 1994. 267 p

BÁRBARA Vinícius Fagundes. **Uso do Modelo Qual2e no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – Ap (Amazônia)**. Goiânia/GO - Outubro, 2006

BARBOSA Jr., A.R. **Desenvolvimento de Metodologia para Determinação do Coeficiente de Reaeração dos Escoamentos Naturais da Água com o Emprego de Traçador Gasoso**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, SP: USP. 187 p. 1989.

\_\_\_\_\_. **Uso de Traçadores na Determinação de Parâmetros de Qualidade em Escoamentos Superficiais de Água**. Tese de Doutorado. São Carlos, SP: USP. 457 p. 1997.



BARBOSA Jr., A.R.; GIORGETTI, M.F. **Reaeração de Corpos de Água Naturais** – uma metodologia para quantificação com o uso de traçadores. In: 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Salvador, BA. 1995.

BARTH, Flávio Terra; POMPEU, Cid Tomanik; FILL, Heinz Dieter; TUCCI, Carlos E. M.; KELMAN, Jerson; BRAGA JR., Benedito P. F.. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Nobel: ABRH. São Paulo/SP. 1987.526 p.

BETZ LABORATORIES, INC. **Water Conditioning**. 9th Edition. Trevese, PA . USA. Ed. Betz, 1991

BITTENCOURT, A.G.; PEREIRA, C.A.A.O.; OLIVEIRA, L.H.W.; NOGUEIRA, W.J.; TORSANI, J.S.; LORAMIE, R.L.; MERCER, G.W. **Modelagem Matemática do Rio Tietê com Modelo QUAL2EU para Preparação do Projeto Tietê**. In: 18º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Salvador, BA. 1995.

BONHAM, Graeme F. Geographic CAMPOS, J. L. E. **Análise Numérica do Transporte de Contaminantes em Meios Porosos com Reações Químicas**. Rio de Janeiro, 1999. 95p. Dissertação (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica. PUC, 2000.

BOWIE, L.G.; MILLIS, W.B.; PORCELLA, D.B.; CAMPELL, C.L.; PAGENKOPF, J.R.; RUPP, G.L.; JOHNSON, K.M.; CHAN, P.W.H.; GHERINI, S.A. **Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling**. Athens, Geórgia: EPA.

BRANCO, Samuel Murgel, **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª Edição. São Paulo - SP. Editora CETESB, 1986. 640p.

BRANDÃO, M.E.F. **Modelo Dinâmico de Qualidade e Escoamento de Água como Mecanismo para Implementação de Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos**. Tese de Doutorado. Brasília, DF: UnB. 216 p. 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, SP: Prentice Hall. 305 p. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.985/00. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**: 5. ed. Brasília: 2004.

BRÁULIO, Luiz Sampaio Seixas. **Água: Usos, Características e Potencialidades. Cruz das Almas**, BA. Nova Civilização, 2004. 367 p. .1985.

BURROUGH, P. **Dynamic Modelling and Geocomputation. Geocomputation: A Primer**. P. Longley, M. Batty and R. McDonnell. Lodon, John Wiley & Sons.

CAMPOS, J. L. E. **Análise Numérica do Transporte de Contaminantes em Meios Porosos com Reações Químicas**. Rio de Janeiro, 1999. 95p. Dissertação (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica. PUC, 2000.

CEPRAM, 2002. **Resolução nº 2.974/2002. Estabelece o Zoneamento Econômico-Ecológico da APA Joanes/Ipitanga**.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Nitrogênio**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#nitrogenio>> Acesso em: nov. 2008.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório da Qualidade das Águas do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: CETESB [et al.]. v. 2. 214 p. 2000.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Editora Edgard Blücher Ltda. 1ª Edição – São Paulo. 1999.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 001, de 21 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/001-86.htm>>. Acesso em 20/4/2006, às 15:18.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL 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. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.

CONDER – Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador. **Base Cartográfica do Sistema SICAR**. 1998.

CONDER – Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador. **Macrodrenagem da Sub-bacia de São Cristóvão – Rio Ipitanga entre as rótulas do aeroporto – Salvador, Bahia**. Salvador/BA. Julho/97.

COSTA Celme Tôrres, CASTRO, Marco Aurélio H. da. **ESTUDO DE CASO DO FLUXO HÍDRICO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR DERIVADOS DE PETRÓLEO NA REGIÃO DO PORTO DO MUCURIBE – FORTALEZA/CE**. Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Bl 713 – Fortaleza/CE.

COTTA, M. E. T. **A ocupação informal na bacia do Ipitanga e seus problemas Sócio-ambientais**: São Cristóvão-Salvador/Bahia. 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador: 2004.

CUNHA, A.C. **Monitoramento, Parâmetros e Controle da Qualidade da Água** - curso para engenheiros e técnicos das Unidades de Monitoramento (OEMAs). Macapá, AP: PPG7 [et al.]. 88 p. 2000.

CUNHA, A.C.; SIQUEIRA, E.Q; CUNHA, H.F.A. **Avaliação das Equações de Previsão do Coeficiente de Reaeração no Modelo QUAL2E para Modelagem de Oxigênio Dissolvido**: estudo de caso no ribeirão do Feijão (São Carlos - SP). In: Revista de Ciência e Tecnologia do Estado do Amapá. Macapá, AP: UNIFAP. v. 2. n. 1. 90 - 111. 2001.

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Unificado de Saúde. 2008. **Cadernos de informações de saúde, Informações demográficas e socioeconômicas**. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm#DemogSocio>> Acesso em 06/11/2008.

**DECRETO 88.351, de 1º de junho de 1983**. In: Coletânea de Legislação de Direito Ambiental - Constituição Federal. Odete Medauar (Org.). São Paulo, SP: Revista dos Tribunais. 4. ed. 1117 p. 2005.

DESA . UFMG; FEAM. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Vol 2. Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

DOMENICO, P. A.; SCHWARTZ, F. W. **Physical and Chemical Hydrogeology**. 2th Edition. Ed. John Wiley and Sons, Inc. 1998.

DRAPER, N. R. e SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 3ª edição. Nova York: Wiley, 1998.

DROLC, A.; KONCAN, J.Z. **Calibration of QUAL2E Model for the Sava River (Slovenia)**. In: Water Science and Technology. v. 40. n. 10. 111 - 118. 1999.

DUSSAILLANT, A.; MUNOZ, J.F.; SAEZ, P.; PANTOJA, C. **Water Quality Modeling of Mapocho River, Chile, Using QUAL2E - UNCAS**. In: 4th International Conference on Water Pollution. Lake Bled, Slovenia. 567 - 576. 1997.

EDGAR, R.; SANTOS, T. **Oxigênio Dissolvido**. Escola Superior de Engenharia de Portugal. Disponível em: <[www.isel.ipl.pt](http://www.isel.ipl.pt)>. Acesso em: 20/6/2006, às 12:10. 9 p. 1999.

EIGER, S. **Autodepuração dos Cursos D'água**. In: Reuso de Água. Barueri, SP: Manole [ET al.]. 579 p. 2003.

**ENGESAT, 2006. Imagem sensor Ikonos-2, imageado em abril/2006, sistema de projeção plana UTM, datum original WGS 84.**

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS/EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 4. aproximação. Rio de Janeiro: 1997.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling**. Athens, Georgia. 2. ed. 455 p. 1985.

**Esquema do Fenômeno da autodepuração do ecossistema aquático**. Disponível em: [http://www.cg.ufam.edu.br/Areas/poluicao\\_aquatica/poluicao\\_biologica.html](http://www.cg.ufam.edu.br/Areas/poluicao_aquatica/poluicao_biologica.html) Acesso em: 06/05/2008.

ESTEVES, F. A. “**Fundamentos de Limnologia**”. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Interciência. 1998. 548p.

FERREIRA, A. B. H.. **Novo dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro – R.J.. Nova Fronteira, 1986.

FETTER, C. W. **Contaminant Hydrogeology**. Ed. Prentice Hall, Inc. New Jersey, 1993.

FONSECA, J. S. da; MARTINS, G. de A.; TOLEDO, G. L.. **Estatística Aplicada**. Editora Atlas S.A.. 1978.

GUINGUER, N.; MOLSON, J.; FRANZ, T.; FRIND, E. **Flotrans User Guide Version 2.2**. Waterloo Hydrogeologic Software, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2004. **Programa de Recuperação e Preservação dos Mananciais de Abastecimento da Água da Região Metropolitana de Salvador – Programa ÁGUA É VIDA**.

HOEL, Paul Gerhard. **Estatística Elementar**. Editora Atlas S.A. Brasil/São Paulo – SP. 1981.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Avaliação de Impacto Ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas**. Brasília, DF: MMA. 134 p. 1995.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico, Bahia**. IBGE: Rio de Janeiro. 2000.

LAURENTI, A., “**Qualidade de Água I**”, Ed. Imprensa Universitária- UFSC, (1997).

LANDIS, J. R. e KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data in Biometrics**. Vol. 33, pp. 159 – 174. 1977

LIMA, Antônio Olavo de Almeida Fraga. **Diagnóstico Ambiental e Plano de Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio Joanes**. HOLON Engenharia Ltda. Volume II. Salvador/ BA. Agosto/1998.

LIMA, W.P. **Importância das Florestas para produção de água**. Simpósio sobre Recuperação da Cobertura Florestal da Bacia do Rio Corumbataí, 3 Piracicaba, IPEF/ESALQ, 2000.

LEITE, Joaquina Lacerda. “**Problemas: Chave do Meio Ambiente**”. Instituto de Geociências / UFBA. Espaço Cultural Expogeo. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais. 1994.

MENEZES, Lucidalva Andrade de. **Caracterização Geoambiental da Bacia do Rio Joanes – BA**. Universidade Federal de Sergipe. Núcleo de Pós-graduação em geografia. São Cristóvão/SE. 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva**. Brasília: MMA, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo**. Publicada no DO nº 1. São Paulo. 2000.

MOTA, Albérico Ricardo P. da; SANTANA, Eliane Martins. **Apostila de Tratamento de Efluentes**. Março, 2005.

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C., e HUBELE, N. F.. **Estatística Aplicada à Engenharia**. Editora LTC. Segunda Edição. Rio de Janeiro, 2004.

MONTGOMERY, D. C. e PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. Nova York: Wiley, 1982.

MORETTIN, P.A., HAZZAN, S. e BUSSAB, W.O. **Cálculo: funções de uma e várias variáveis**. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

MULLER. A. C., **Introdução à Ciência Ambiental**; Curitiba – PUC-PR; uso didático. Págs. 67 a 73.

NEVES, Fernando Frachone; SILVA, Fernando das Graças Braga da, Crestana, Silvio. **Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola**. Eng. Sanitária e Ambiental.. Vol.11, n°.4. Rio de Janeiro/RJ. 2006.

PALMIERI, Vivian; CARVALHO, Roberto. **Calibração Do Modelo Qual2 para o Rio Corumbataí (SP)**. Rio de Janeiro, 2003. 81p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

PLANARQ. Prefeitura Municipal de Lauro de Freitas. **Relatório Técnico Final do Estuário Joanes**. SEPLANTUR. Julh0/97

REBOUÇAS, Jader Reis e MOTTA, Antonio Carlos. **Relatório de Avaliação do Aterro Metropolitano Centro da Região Metropolitana de Salvador – Condições Geológicas e Geotécnicas da área da barragem Ipitanga**. Set./91. Salvador/BA.

REIS, Lia Teresinha Bianchi dos. **Projeto de Diagnóstico Sócio Ambiental Bacia do Rio Ipitanga**. Instituição proponente: Fundação Terra Mirim. Simões Filho/ BA. 2005.

RENNÓ, Camilo Daleles e SOARES João Vianei. **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental. Relatório Técnico Parcial**. Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas. Ação "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental". Dez., 2000

SILVA, Demétrius David da e PRUSKI, Fernando Falco,. **Gestão de Recursos Hídricos – Aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. Editores - Brasília. Universidade Federal de Viçosa, Porto Alegre Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000.

SILVA ,Henrique Luvison Gomes da. **Modelagem Bidimensional do Fósforo com Vistas a Gestão de Bacias Hidrográficas – Estudo de Caso: Reservatório de Fiú, Paraná**. Paraná-Curitiba, 2006

SOUSA, Geneci Braz de. **Diagnóstico Socioambiental Participativo em Mananciais de Abastecimento da Região Metropolitana de Salvador: O Olhar do Conselho Gestor da Área de Proteção Ambiental Joanes-Ipitanga**. 1º Anais de 2 eventos: 1º Encontro Latino

Americano de Ciencias Sociales y Represas e 2º Encontro Brasileiro de Ciências Sociais e Barragem. SSA/BA/BRASIL. Instituto de Geociências, mestrado em geografia. EDUFBA, 2007. 1 vol.: IL. p 19 e 20.

THOMANN, R. V. The future “Golden Age” of predictive models for surface water quality and ecosystem management. **Journal of Environmental Engineering**, v.124, n. 2, 94-103, feb. 1998.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control**. New York: HarperCollinsPublishers Inc. 1987. . 643p

TRIOLA, M. F.. **Introdução à Estatística**. Editora LTC. Sétima Edição. Rio de Janeiro, 1999.

TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.

WWI – Relatório do Worldwatch Institute sobre o avanço em direção a uma Sociedade Sustentável. **O Estado do Mundo 2004**. Universidade Livre da Mata Atlântica. UMA Editora. Salvador/Ba. p 55 à 78.

VIANNA, Luiz Fernando de Novaes. **Métodos determinísticos ou probabilísticos de representação e análise espacial de dados para seleção de sítios em sistemas de informações geográficas? O exemplo da maricultura em Santa Catarina**. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br> Acesso em: Julho/2008.

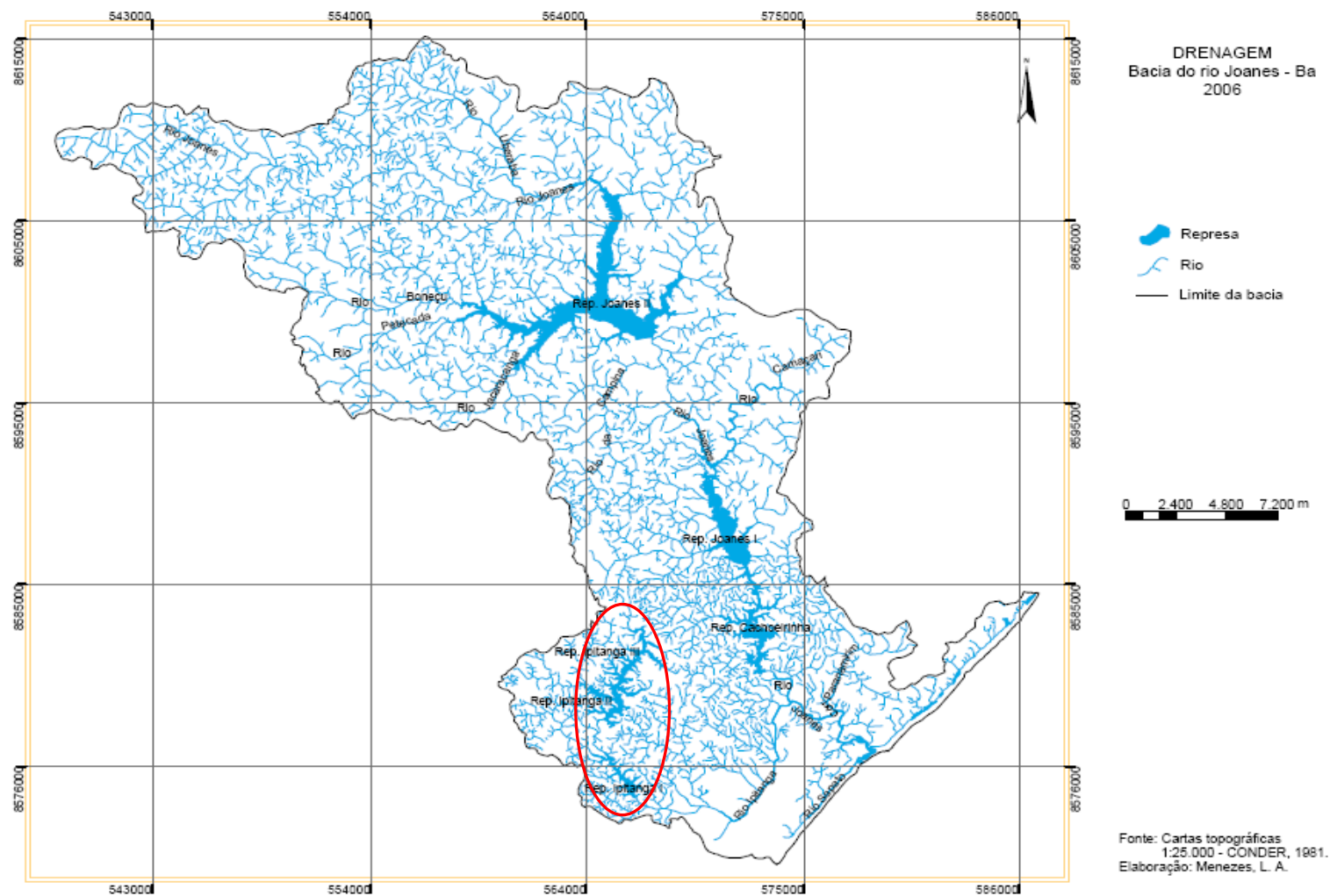
VON SPERLING, Marcos. **Estudos e Metodologia da Qualidade da Água de Rios – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Volume 7. Editora UFMG. 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte – MG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios Básicos de Tratamento de Esgoto**. Belo Horizonte - MG. Editora UFMG. 1996.

**ANEXOS**

Anexo 1: Mapa de drenagem da APA Joanes-Ipitanga, na qual está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Ipitanga. Fonte: Menezes, 2006.







**Anexo 3: Relatório da Rede de Monitoramento da Qualidade da Água feito pela EMBASA. Fonte: EMBASA, 2008.**

<b>Embasa - Divisão de Controle de Qualidade</b>	1
<b>Resultado Diário</b>	ISO 9001:2000

**Categoria:** Rio, Represa **Nome Categoria:** Rio Ipitanga, Represa Ipitanga I, Represa Ipitanga II, Represa Ipitanga III **Procedência:** Av Aliomar Baleeiro (São Cristóvão) - Pto IP I - Represa, Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto nº 100 - Pto IP II-5 Estrada Pedreira Aratú/Sítio Sr Marcelo, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP III-2 Km 5 - Rua Deus é Amor, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -7 Estrada Pedreira Aratú/Sítio dos Trios, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -8 Estrada Pedreira Aratú/Sítio Plenitude, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -4, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -3, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -2, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -1, R Boca da Mata - Pto IP I -1 Cond Recanto do Lago Sítio Shalom, R Floriano Peixoto (Pitanguinha) - Pto IP III -1, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa, Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III - Represa **Origem:** Programada **Período:** De 02/01/2003 00:00:00 até 30/08/2008 23:59:59

Data	Hora	Procedência	Amostra	Obs	Sol.Dis. mg/L	Sol.Tot. mg/L	SSusp	TEMP..AM °C	TEMP..AR °C	Turbidez NTU
12/08/03	08:35	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	20306/03	-	-	-	-	29,0	27,0	2,6
12/08/03	09:29	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	20307/03	-	-	-	-	27,0	27,0	2,5
12/08/03	10:18	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	20308/03	-	-	-	-	28,0	27,0	2,1
21/08/03	10:09	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -2	21252/03	-	-	-	-	23,0	24,0	2,2
21/08/03	09:42	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -4	21253/03	-	-	-	-	25,0	23,0	9,4
21/08/03	09:07	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -3	21254/03	-	-	-	-	24,0	23,0	8,7
10/09/03	09:40	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	23396/03	-	-	-	-	28,0	25,0	5,0
10/09/03	10:30	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	23397/03	-	-	-	-	28,0	25,0	2,7
10/09/03	11:00	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	23398/03	-	-	-	-	28,0	25,0	4,0
02/10/03	10:00	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	25582/03	-	-	-	-	28,0	27,0	1,4
02/10/03	08:50	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	25583/03	-	-	-	-	30,0	28,0	2,0
02/10/03	09:40	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	25584/03	-	-	-	-	29,0	27,0	3,1
28/11/03	08:05	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	30974/03	-	0,09	-	-	28,0	27,0	2,3
28/11/03	09:10	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	30975/03	-	0,08	-	-	28,0	27,0	3,0
28/11/03	09:50	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	30976/03	-	0,09	-	-	28,0	28,0	4,3
02/12/03	09:20	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -2	31860/03	-	-	-	-	30,0	29,0	1,6
02/12/03	08:30	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -4	31861/03	-	-	-	-	29,0	29,0	1,2
02/12/03	08:45	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - Pto IP II -3	31862/03	-	-	-	-	28,0	28,0	8,6
05/12/03	08:40	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	32083/03	-	-	-	-	31,0	30,0	2,6
05/12/03	09:55	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	32084/03	-	-	-	-	30,0	30,0	2,5
05/12/03	09:20	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	32085/03	-	-	-	-	31,0	31,0	5,3
12/01/04	09:00	Rod BA 526 (São Cristóvão) - IP I - Represa	789/04	-	-	-	-	30,0	29,0	3,7
12/01/04	10:20	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	790/04	-	-	-	-	30,0	31,0	2,3
12/01/04	09:40	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP III -	791/04	-	-	-	-	31,0	30,0	4,1
09/02/04	08:40	Rod BA 526 - CIA - Aeroporto - IP II - Represa	3959/04	-	0,06	-	-	29,0	28,0	3,9

## Anexo 4: Resolução 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA

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.*

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe são conferidas pelos arts. 6º, inciso II e 8º, inciso VII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990 e suas alterações, tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando a vigência da Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade;

Considerando o art. 9º, inciso I, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, e demais normas aplicáveis à matéria;

Considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor-pagador, do usuário-pagador e da integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza;

Considerando que a Constituição Federal e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, visam controlar o lançamento no meio ambiente de poluentes, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida;

Considerando que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, visando a sua efetivação;

Considerando os termos da Convenção de Estocolmo, que trata dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004;

Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes;

Considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade;

Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas;

Considerando a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos;

Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve:

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

## CAPÍTULO I DAS DEFINIÇÕES

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

- I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;
- II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰;
- III - águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰;
- IV - ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado;
- V - ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes;
- VI - aqüicultura: o cultivo ou a criação de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, ocorre total ou parcialmente em meio aquático;
- VII - carga poluidora: quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;
- VIII - cianobactérias: microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis) capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos a saúde;
- IX - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros;
- X - classificação: qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros;
- XI - coliformes termotolerantes: bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal;
- XII - condição de qualidade: qualidade apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente às Classes de Qualidade;
- XIII - condições de lançamento: condições e padrões de emissão adotados para o controle de lançamentos de efluentes no corpo receptor;
- XIV - controle de qualidade da água: conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água estabelecida para o corpo de água;
- XV - corpo receptor: corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente;
- XVI - desinfecção: remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos;
- XVII - efeito tóxico agudo: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos, usualmente letalidade ou alguma outra manifestação que a antecede, em um curto período de exposição;
- XVIII - efeito tóxico crônico: efeito deletério aos organismos vivos causado por agentes físicos ou químicos que afetam uma ou várias funções biológicas dos organismos, tais como a reprodução, o crescimento e o comportamento, em um período de exposição que pode abranger a totalidade de seu ciclo de vida ou parte dele;
- XIX - efetivação do enquadramento: alcance da meta final do enquadramento;
- XX - enquadramento: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;

XXI - ensaios ecotoxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos;

XXII - ensaios toxicológicos: ensaios realizados para determinar o efeito deletério de agentes físicos ou químicos a diversos organismos visando avaliar o potencial de risco à saúde humana;

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

XXIV - metas: é o desdobramento do objeto em realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;

XXV - monitoramento: medição ou verificação 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 de água;

XXVI - padrão: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente;

XXVII - parâmetro de qualidade da água: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água;

XXVIII - pesca amadora: exploração de recursos pesqueiros com fins de lazer ou desporto;

XXIX - programa para efetivação do enquadramento: conjunto de medidas ou ações progressivas e obrigatórias, necessárias ao atendimento das metas intermediárias e final de qualidade de água estabelecidas para o enquadramento do corpo hídrico;

XXX - recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade do banhista ingerir água é elevada;

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

XXXII - tratamento avançado: técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, os quais podem conferir à água características, tais como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica;

XXXIII - tratamento convencional: clarificação com utilização de coagulação e floculação, seguida de desinfecção e correção de pH;

XXXIV - tratamento simplificado: clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH quando necessário;

XXXV - tributário (ou curso de água afluente): corpo de água que flui para um rio maior ou para um lago ou reservatório;

XXXVI - vazão de referência: vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão, tendo em vista o uso múltiplo das águas e a necessária articulação das instâncias do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SINGRH;

XXXVII - virtualmente ausentes: que não é perceptível pela visão, olfato ou paladar; e

XXXVIII - zona de mistura: região do corpo receptor onde ocorre a diluição inicial de um efluente.

## CAPÍTULO II

### DA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

### **Seção I**

#### **Das Águas Doces**

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

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

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

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

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

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

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

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

### **Seção II**

#### **Das Águas Salinas**

Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

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

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

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

b) à proteção das comunidades aquáticas; e

c) à aqüicultura e à atividade de pesca.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

## **Seção II**

### **Das Águas Salobras**

Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

I - classe especial: águas destinadas:

e, a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

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

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à aqüicultura e à atividade de pesca;

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

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

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

a) à pesca amadora; e

b) à recreação de contato secundário.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística.

## **CAPÍTULO III**

### **DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS**

#### **Seção I**

##### **Das Disposições Gerais**

Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe.

Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

§ 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução.

§ 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Art. 10. Os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

§ 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

§ 2º Os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais, ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

§ 3º Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

§ 4º O disposto nos §§ 2º e 3º não se aplica às baías de águas salinas ou salobras, ou outros corpos de água em que não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

Art. 11. O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.

Art. 12. O Poder Público poderá estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência.

Art. 13. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.



**Seção II**  
**Das Águas Doces**

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

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

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O<sub>2</sub>;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0.1 mg/L Al
Antimônio	0.005mg/L Sb
Arsênio total	0.01 mg/L As
Bário total	0.7 mg/L Ba
Berílio total	0.04 mg/L Be
Boro total	0.5 mg/L B
Cádmio total	0.001 mg/L Cd
Chumbo total	0.01mg/L Pb
Cianeto livre	0.005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0.01 mg/L Cl
Cobalto total	0.05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0.05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0.3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0.020 mg/L P

Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO <sub>4</sub>
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L

Lindano ( $\gamma$ -HCH)	0,02 $\mu\text{g/L}$
Malation	0,1 $\mu\text{g/L}$
Metolacloro	10 $\mu\text{g/L}$
Metoxicloro	0,03 $\mu\text{g/L}$
Paration	0,04 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	0,009 $\text{mg/L}$
Simazina	2,0 $\mu\text{g/L}$
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 $\text{mg/L LAS}$
2,4,5-T	2,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	0,002 $\text{mg/L}$
Tetracloroeteno	0,01 $\text{mg/L}$
Tolueno	2,0 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,01 $\mu\text{g/L}$
2,4,5-TP	10,0 $\mu\text{g/L}$
Tributilestanho	0,063 $\mu\text{g/L TBT}$
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 $\text{mg/L}$
Tricloroeteno	0,03 $\text{mg/L}$
2,4,6-Triclorofenol	0,01 $\text{mg/L}$
Trifluralina	0,2 $\mu\text{g/L}$
Xileno	300 $\mu\text{g/L}$

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 $\mu\text{g/L As}$
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzidina	0,0002 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(a)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(b)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Benzo(k)fluoranteno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Criseno	0,018 $\mu\text{g/L}$
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 $\mu\text{g/L}$
3,3-Diclorobenzidina	0,028 $\mu\text{g/L}$
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 $\mu\text{g/L}$
Hexaclorobenzeno	0,00029 $\mu\text{g/L}$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 $\mu\text{g/L}$
PCBs - Bifenilas policloradas	0,000064 $\mu\text{g/L}$
Pentaclorofenol	3,0 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeto de carbono	1,6 $\mu\text{g/L}$
Tetracloroeteno	3,3 $\mu\text{g/L}$
Toxafeno	0,00028 $\mu\text{g/L}$
2,4,6-triclorofenol	2,4 $\mu\text{g/L}$

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser

determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VII - clorofila *a*: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

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

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm<sup>3</sup>/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub>;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm <sup>3</sup> /L

Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Merúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5
	5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0
	2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5
	1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO <sub>4</sub>
Sulfeto (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	280 µg/L

Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paratjon	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroeteno	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II - odor e aspecto: não objetáveis;
- III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;
- IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
- V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH;
- VI - OD, superior a 2,0 mg/L O<sub>2</sub> em qualquer amostra; e,
- VII - pH: 6,0 a 9,0.

### Seção III

#### Das Águas Salinas

Art. 18. As águas salinas de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

- I - condições de qualidade de água:
  - a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
  - b) materiais flutuantes virtualmente ausentes;
  - c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
  - d) substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;
  - e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
  - f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
  - g) coliformes termolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada

em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

- h) carbono orgânico total até 3 mg/L, como C;
  - i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>; e
  - j) pH: 6,5 a 8,5, não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade.
- II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA IV - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	1,5 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo Total	0,062 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,031 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Tálio total	0,1 mg/L Tl
Urânio Total	0,5 mg/L U
Zinco total	0,09 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L
Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT+ p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Etilbenzeno	25 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	60 µg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L

Monoclorobenzeno	25 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,2 mg/L LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,01 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80 µg/L
Tricloroetano	30,0 µg/L

III - Nas águas salinas onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA V - CLASSE 1 - ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 µg/L As
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
1,2-Dicloroetano	37 µg/L
1,1-Dicloroetano	3 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
2,4,6-Triclorofenol	2,4 µg/L

Art 19. Aplicam-se às águas salinas de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

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

b) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

c) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C; e

d) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5,0 mg/L O<sub>2</sub>.



## II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA VI - CLASSE 2 - ÁGUAS SALINAS</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,069 mg/L As
Cádmio total	0,04 mg/L Cd
Chumbo total	0,21 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	19 µg/L Cl
Cobre dissolvido	7,8 µg/L Cu
Cromo total	1,1 mg/L Cr
Fósforo total	0,093 mg/L P
Mercurio total	1,8 µg/L Hg
Níquel	74 µg/L Ni
Nitrato	0,70 mg/L N
Nitrito	0,20 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,70 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,0465 mg/L P
Selênio total	0,29 mg/L Se
Zinco total	0,12 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,09 µg/L
DDT (p-p' DDT + p-p' DDE + p-p' DDD)	0,13 µg/L
Endrin	0,037 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,053 µg/L
Lindano ( $\gamma$ -HCH)	0,16 µg/L
Pentaclorofenol	13,0 µg/L
Toxafeno	0,210 µg/L
Tributilestanho	0,37 µg/L TBT

Art. 20. As águas salinas de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

III - substâncias que produzem odor e turbidez: virtualmente ausentes;

IV - corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

VI - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

VII - carbono orgânico total: até 10 mg/L, como C;

VIII - OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/ L O<sub>2</sub>; e

IX - pH: 6,5 a 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidades.

#### Seção IV

##### Das Águas Salobras

Art. 21. As águas salobras de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou

internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) carbono orgânico total: até 3 mg/L, como C;
- c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/ L O<sub>2</sub>;
- d) pH: 6,5 a 8,5;
- e) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- f) materiais flutuantes: virtualmente ausentes;
- g) substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;
- h) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes; e

i) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para o cultivo de moluscos bivalves destinados à alimentação humana, a média geométrica da densidade de coliformes termotolerantes, de um mínimo de 15 amostras coletadas no mesmo local, não deverá exceder 43 por 100 mililitros, e o percentil 90% não deverá ultrapassar 88 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Esses índices deverão ser mantidos em monitoramento anual com um mínimo de 5 amostras. Para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, bem como para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100mL. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA VII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Arsênio total	0,01 mg/L As
Berílio total	5,3 µg/L Be
Boro	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,005 mg/L Cd
Chumbo total	0,01 mg/L Pb
Cianeto livre	0,001 mg/L CN
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobre dissolvido	0,005 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total	0,124 mg/L P
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	0,40 mg/L N
Nitrito	0,07 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	0,40 mg/L N
Polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)	0,062 mg/L P
Prata total	0,005 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfetos (como H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Zinco total	0,09 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + dieldrin	0,0019 µg/L
Benzeno	700 µg/L

Carbaril	0,32 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,004 µg/L
2,4-D	10,0 µg/L
DDT (p,p'DDT+ p,p'DDE + p,p'DDD)	0,001 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Endossulfan (α + β + sulfato)	0,01 µg/L
Etilbenzeno	25,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Gution	0,01 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,001 µg/L
Lindano (γ-HCH)	0,004 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Monoclorobenzeno	25 µg/L
Paration	0,04 µg/L
Pentaclorofenol	7,9 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,03 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno	0,2 LAS
2,4,5-T	10,0 µg/L
Tolueno	215 µg/L
Toxafeno	0,0002 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,010 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	80,0 µg/L

III - Nas águas salobras onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

<b>TABELA VIII - CLASSE 1 - ÁGUAS SALOBRAS</b>	
<b>PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,14 µg/L As
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Benzeno	51 µg/L
Benzidina	0,0002 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,018 µg/L
Benzo(a)pireno	0,018 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,018 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,018 µg/L
2-Clorofenol	150 µg/L
Criseno	0,018 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,018 µg/L
2,4-Diclorofenol	290 µg/L
1,1-Dicloroetano	3,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	37,0 µg/L
3,3-Diclorobenzidina	0,028 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,000039 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,00029 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,018 µg/L
Pentaclorofenol	3,0 µg/L
PCBs - Bifenilas Policloradas	0,000064 µg/L
Tetracloroetano	3,3 µg/L
Tricloroetano	30 µg/L

2,4,6-Triclorofenol

2,4 µg/L

Art. 22. Aplicam-se às águas salobras de classe 2 as condições e padrões de qualidade da classe 1, previstos no artigo anterior, à exceção dos seguintes:

I - condições de qualidade de água:

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

b) carbono orgânico total: até 5,00 mg/L, como C;

c) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>; e

d) coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 2500 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

II - Padrões de qualidade de água:

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

Art. 23. As águas salobras de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - pH: 5 a 9;

II - OD, em qualquer amostra, não inferior a 3 mg/L O<sub>2</sub>;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - materiais flutuantes: virtualmente ausentes;

V - substâncias que produzem cor, odor e turbidez: virtualmente ausentes;

VI - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

VII - coliformes termotolerantes: não deverá ser excedido um limite de 4.000 coliformes termotolerantes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente; e

VIII - carbono orgânico total até 10,0 mg/L, como C.

#### CAPÍTULO IV

##### DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES

Art. 24. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, a qualquer momento:

I - acrescentar outras condições e padrões, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica; e

II - exigir a melhor tecnologia disponível para o tratamento dos efluentes, compatível com as condições do respectivo curso de água superficial, mediante fundamentação técnica.

Art. 25. É vedado o lançamento e a autorização de lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução.

Parágrafo único. O órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos no art. 34, desta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos:

I - comprovação de relevante interesse público, devidamente motivado;

II - atendimento ao enquadramento e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias;

III - realização de Estudo de Impacto Ambiental-EIA, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento;

IV - estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento; e

V - fixação de prazo máximo para o lançamento excepcional.

Art. 26. Os órgãos ambientais federal, estaduais e municipais, no âmbito de sua competência, deverão, por meio de norma específica ou no licenciamento da atividade ou empreendimento, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos, listadas ou não no art. 34, desta Resolução, de modo a não comprometer as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas pelo enquadramento para o corpo de água.

§ 1º No caso de empreendimento de significativo impacto, o órgão ambiental competente exigirá, nos processos de licenciamento ou de sua renovação, a apresentação de estudo de capacidade de suporte de carga do corpo de água receptor.

§ 2º O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura.

§ 3º Sob pena de nulidade da licença expedida, o empreendedor, no processo de licenciamento, informará ao órgão ambiental as substâncias, entre aquelas previstas nesta Resolução para padrões de qualidade de água, que poderão estar contidas no seu efluente.

§ 4º O disposto no § 1º aplica-se também às substâncias não contempladas nesta Resolução, exceto se o empreendedor não tinha condições de saber de sua existência nos seus efluentes.

Art. 27. É vedado, nos efluentes, o lançamento dos Poluentes Orgânicos Persistentes-POPs mencionados na Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo nº 204, de 7 de maio de 2004.

Parágrafo único. Nos processos onde possa ocorrer a formação de dioxinas e furanos deverá ser utilizada a melhor tecnologia disponível para a sua redução, até a completa eliminação.

Art. 28. Os efluentes não poderão conferir ao corpo de água características em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e final, do seu enquadramento.

§ 1º As metas obrigatórias serão estabelecidas mediante parâmetros.

§ 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado.

§ 3º Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

Art. 29. A disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Art. 30. No controle das condições de lançamento, é vedada, para fins de diluição antes do seu lançamento, a mistura de efluentes com águas de melhor qualidade, tais como as águas de abastecimento, do mar e de sistemas abertos de refrigeração sem recirculação.

Art. 31. Na hipótese de fonte de poluição geradora de diferentes efluentes ou lançamentos individualizados, os limites constantes desta Resolução aplicar-se-ão a cada um deles ou ao conjunto após a mistura, a critério do órgão ambiental competente.

Art. 32. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

§ 1º Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:

I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;

II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência; e

III - atender a outras exigências aplicáveis.

§ 2º No corpo de água em processo de recuperação, o lançamento de efluentes observará as metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final.

Art. 33. Na zona de mistura de efluentes, o órgão ambiental competente poderá autorizar, levando em conta o tipo de substância, valores em desacordo com os estabelecidos para a respectiva classe de enquadramento, desde que não comprometam os usos previstos para o corpo de água.

Parágrafo único. A extensão e as concentrações de substâncias na zona de mistura deverão ser objeto de estudo, nos termos determinados pelo órgão ambiental competente, às expensas do empreendedor responsável pelo lançamento.

Art. 34. Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

§ 1º O efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo com os critérios de toxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

§ 2º Os critérios de toxicidade previstos no § 1º devem se basear em resultados de ensaios ecotoxicológicos padronizados, utilizando organismos aquáticos, e realizados no efluente.

§ 3º Nos corpos de água em que as condições e padrões de qualidade previstos nesta Resolução não incluam restrições de toxicidade a organismos aquáticos, não se aplicam os parágrafos anteriores.

§ 4º Condições de lançamento de efluentes:

I - pH entre 5 a 9;

II - temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C na zona de mistura;

III - materiais sedimentáveis: até 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;

IV - regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

V - óleos e graxas:

1 - óleos minerais: até 20mg/L;

2- óleos vegetais e gorduras animais: até 50mg/L; e

VI - ausência de materiais flutuantes.

§ 5º Padrões de lançamento de efluentes:

<b>TABELA X - LANÇAMENTO DE EFLUENTES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo total	0,5 mg/L Cr
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercurio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano	1,0 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de Carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L

Art. 35. Sem prejuízo do disposto no inciso I, do § 1º do art. 24, desta Resolução, o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras conseqüências:

I - acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos; ou

II - inviabilizar o abastecimento das populações.

Art. 36. Além dos requisitos previstos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis, os efluentes provenientes de serviços de saúde e estabelecimentos nos quais haja despejos infectados com microorganismos patogênicos, só poderão ser lançados após tratamento especial.

Art. 37. Para o lançamento de efluentes tratados no leito seco de corpos de água intermitentes, o órgão ambiental competente definirá, ouvido o órgão gestor de recursos hídricos, condições especiais.

## CAPÍTULO V

### DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O ENQUADRAMENTO

Art. 38. O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

§ 1º O enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

§ 2º Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

§ 3º As ações de gestão referentes ao uso dos recursos hídricos, tais como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes à gestão ambiental, como o licenciamento, termos de ajustamento de conduta e o controle da poluição, deverão basear-se nas metas progressivas intermediárias e final aprovadas pelo órgão competente para a respectiva bacia hidrográfica ou corpo hídrico específico.

§ 4º As metas progressivas obrigatórias, intermediárias e final, deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos de baias de águas salinas ou salobras, ou outros corpos hídricos onde não seja aplicável a vazão de referência, para os quais deverão ser elaborados estudos específicos sobre a dispersão e assimilação de poluentes no meio hídrico.

§ 5º Em corpos de água intermitentes ou com regime de vazão que apresente diferença sazonal significativa, as metas progressivas obrigatórias poderão variar ao longo do ano.

§ 6º Em corpos de água utilizados por populações para seu abastecimento, o enquadramento e o licenciamento ambiental de atividades a montante preservarão, obrigatoriamente, as condições de consumo.

## CAPÍTULO VI

### DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 39. Cabe aos órgãos ambientais competentes, quando necessário, definir os valores dos poluentes considerados virtualmente ausentes.

Art. 40. No caso de abastecimento para consumo humano, sem prejuízo do disposto nesta Resolução, deverão ser observadas, as normas específicas sobre qualidade da água e padrões de potabilidade.

Art. 41. Os métodos de coleta e de análises de águas são os especificados em normas técnicas cientificamente reconhecidas.

Art. 42. Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Art. 43. Os empreendimentos e demais atividades poluidoras que, na data da publicação desta Resolução, tiverem Licença de Instalação ou de Operação, expedida e não impugnada, poderão a critério do órgão ambiental competente, ter prazo de até três anos, contados a partir de sua vigência, para se adequarem às condições e padrões novos ou mais rigorosos previstos nesta Resolução.



§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto no *caput* deste artigo.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até dois anos, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

§ 3º As instalações de tratamento existentes deverão ser mantidas em operação com a capacidade, condições de funcionamento e demais características para as quais foram aprovadas, até que se cumpram as disposições desta Resolução.

§ 4º O descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo será objeto de resolução específica, a ser publicada no prazo máximo de um ano, a contar da data de publicação desta Resolução, ressalvado o padrão de lançamento de óleos e graxas a ser o definido nos termos do art. 34, desta Resolução, até a edição de resolução específica.

Art. 44. O CONAMA, no prazo máximo de um ano, complementarará, onde couber, condições e padrões de lançamento de efluentes previstos nesta Resolução.

Art. 45. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução acarretará aos infratores as sanções previstas pela legislação vigente.

§ 1º Os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, no âmbito de suas respectivas competências, fiscalizarão o cumprimento desta Resolução, bem como quando pertinente, a aplicação das penalidades administrativas previstas nas legislações específicas, sem prejuízo do sancionamento penal e da responsabilidade civil objetiva do poluidor.

§ 2º As exigências e deveres previstos nesta Resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 46. O responsável por fontes potencial ou efetivamente poluidoras das águas deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, declaração de carga poluidora, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica.

§ 1º A declaração referida no *caput* deste artigo conterà, entre outros dados, a caracterização qualitativa e quantitativa de seus efluentes, baseada em amostragem representativa dos mesmos, o estado de manutenção dos equipamentos e dispositivos de controle da poluição.

§ 2º O órgão ambiental competente poderá estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 47. Equiparam-se a perito, os responsáveis técnicos que elaborem estudos e pareceres apresentados aos órgãos ambientais.

Art. 48. O não cumprimento ao disposto nesta Resolução sujeitará os infratores, entre outras, às sanções previstas na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e respectiva regulamentação.

Art. 49. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 50. Revoga-se a Resolução CONAMA nº 020, de 18 de junho de 1986.

**MARINA SILVA**  
**Presidente do CONAMA**

## **Anexo 5: Artigo apresentado no XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**

### **MODELAGEM MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO NAS REPRESAS IPITANGA I, II E III, INSERIDA NA APA JOANES-IPITANGA, BAHIA.**

Viviane Maria Mendes de Moura<sup>1</sup>

#### **1. Introdução**

A preocupação com a qualidade dos recursos naturais e com a proteção da saúde humana tem papel central nas discussões do mundo contemporâneo. Assim, diante do comprometimento da qualidade de vida, as populações vêm direcionando suas atenções para os impactos ambientais negativos potenciais de suas atividades, produtos ou serviços. Conseqüentemente, a exigência da população em relação ao planejamento e gestão das cidades é cada vez mais intensificada.

No Brasil, nas últimas décadas, o setor industrial, a ocupação desordenada e a concentração da população nos centros urbanos aumentaram em proporção acelerada. Devido a esta realidade, muitos conflitos e problemas têm sido gerados, como: aumento do risco de degradação das áreas de abastecimento de água e alimentos; enchentes; redução da biodiversidade e *habitats*, inserção de substâncias tóxicas na cadeia alimentar; poluição das águas por esgotos e pela disposição dos resíduos de forma inadequada, tanto domésticos como industriais; dentre outros.

Todavia, é bom lembrar que associado aos consideráveis impactos ambientais negativos nas mais diversas regiões do planeta e as pressões ambientais por parte dos movimentos sociais, o poder público e as organizações estão sendo impulsionados pela busca de uma política pública efetiva com devida avaliação e controle ambiental. Isto reforçou a urgente necessidade por pesquisas e monitoramento de cenários ambientais, acendendo um campo de interesse aos gestores. Neste contexto, impulsionados pelo avanço das tecnologias e modelos matemáticos que colaboram na interpretação do ambiente real, os tomadores de decisão tendem a utilizar estas ferramentas para melhor diagnosticar, avaliar suas ações.

Especificamente, o planejamento e ordenamento de um ambiente dependem de uma metodologia avaliativa que possibilite aos gestores uma melhor estratégia de uso e ocupação de um ambiente, de modo que seja possível atuar na prevenção dos riscos ambientais. Nesta perspectiva, os modelos matemáticos representam instrumentos que contribuem para a interpretação de dados coletados, tornando possível um diagnóstico de uma determinada situação e a formulação de soluções apropriadas, ajudando na gestão dos recursos naturais.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar os dados secundários relacionados aos valores de DBO, OD, pH, íon amônio obtidos da EMBASA, segundo critérios estatísticos de coeficiente de correlação de acordo com o coeficiente de *Pearson* e de regressão linear. O pressuposto considera a avaliação matemática destes parâmetros presentes na água das represas I, II e III do rio Ipitanga, como instrumento que subsidiará a implantação de políticas públicas e a tomada de decisões quanto à sua ocupação e preservação ambiental.

## **2. Contextualização da Área em Estudo**

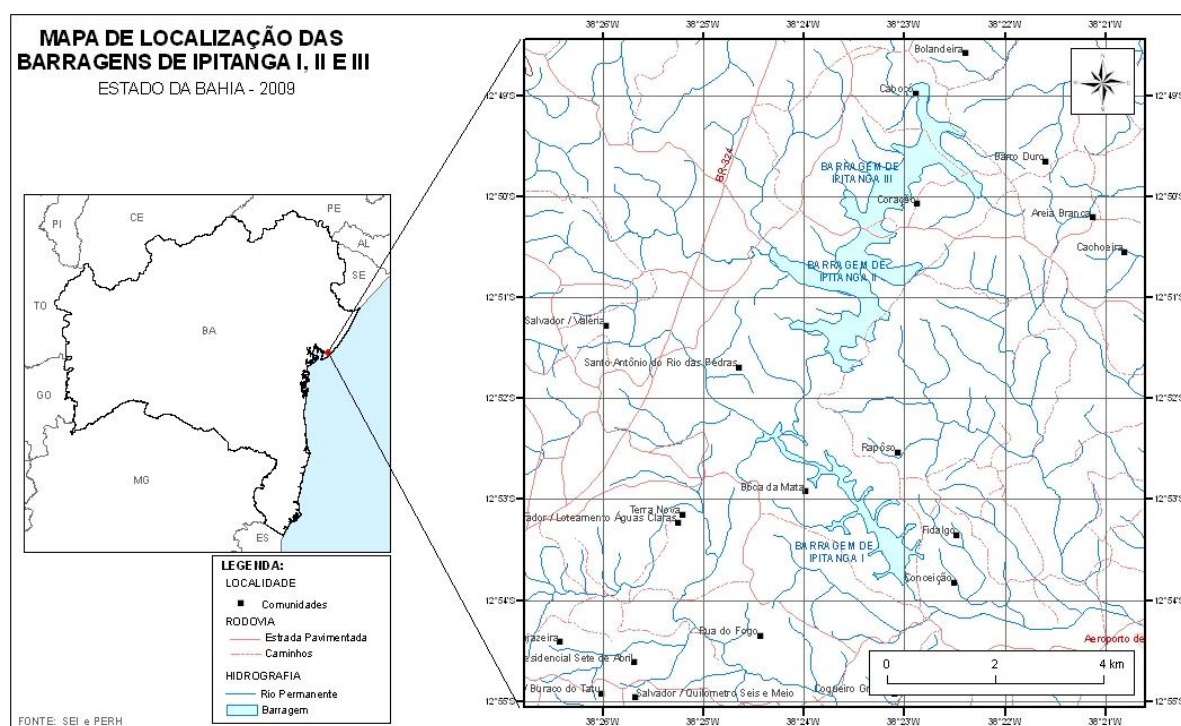
A área de estudo está totalmente inserida na Área de Preservação Ambiental (APA) Joanes-Ipitanga. A criação desta APA teve o objetivo de proteger suas nascentes, a região remanescente de Mata Atlântica no local e a fauna da região, que é bastante representativa. A área escolhida possui aproximadamente 64.463 ha e abrange parte dos municípios de Camaçari, Simões Filho, Lauro de Freitas, São Francisco do Conde, Candeias, São Sebastião do Passé, Salvador e Dias D'Ávila.

Vale considerar que APA Joanes-Ipitanga se localiza dentro de uma área basicamente urbana e de intensa produção industrial do Estado da Bahia, deste modo o planejamento da ocupação urbana reflete extrema importância, considerando, ainda que, seu manancial abastece por cerca de 40% do abastecimento de água da região metropolitana de Salvador. Destacando, ainda usos para lazer e esportes náuticos, dessedentação de animais e a pesca em alguns trechos.

O rio Ipitanga, por sua vez, é o principal tributário da bacia hidrográfica do rio Joanes, e é fortemente impactado pela exploração imobiliária e pelo lançamento, sem

qualquer tratamento, das águas servidas das residências e indústrias, mineradoras, aterro sanitário, hospitais, matadouros, entre outros, ao longo de todo seu percurso. Este manancial possui três represas, a Ipitanga I, II e III, formando uma sub-bacia hidráulica de suma importância, com função de abastecer Salvador, Boca da Mata, Fazenda Grande I e II, Cajazeira XI, Loteamento Santo Antônio e Loteamento Jambeiro, Cações, Barragem e Fazenda Cassange.

A figura 1 apresenta o mapa de localização da área de estudo:



### 3. Material e Métodos

#### 3.1 Coleta de dados

Metodologicamente, este trabalho compreendeu três etapas: na primeira etapa foi feito o levantamento dos dados secundários obtidos pelos relatórios da EMBASA e da fundamentação teórica, além da auditoria das variáveis. Na segunda etapa, através das inspeções de campo com equipe da Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA) e da EMBASA se fez um registro fotográfico e o reconhecimento do ambiente, assim como ordenamento do banco de dados, o mapeamento das áreas estratégicas da

zona de risco ambiental e seleção do modelo. Na terceira etapa, constaram do tratamento, análise e auditoria dos dados obtidos. Além das equações de predição do ano em que a qualidade da água estará fora do especificado pela Resolução 357/05 do CONAMA.

Todas as coletas e análises foram feitas pela equipe técnica da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), durante o dia e na camada superficial d'água.

A auditoria dos dados teve a finalidade de eliminar os valores repetidos, identificar *outliers*, avaliar a exatidão e a precisão dos dados e realizar controle do erro de digitação. Após essa inspeção inicial dos dados, a auditoria prosseguiu com o tratamento e análise dos resultados obtidos utilizando modelos estatísticos. Com isso, a avaliação de certas características da água das represas Ipitanga I (IP I), Ipitanga II (IP II) e Ipitanga III (IP III) foi feita, verificando sua alteração com o passar dos anos e finalizando com uma tentativa de previsão do ritmo de degradação da água, tendo como valores de referência de qualidade da água os citados na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/05).

Os parâmetros escolhidos para análise foram a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), OD (Oxigênio Dissolvido), pH (Potencial Hidrogeniônico),  $\text{NH}_4^+$  (íon amônio), turbidez, fósforo total (P), coliformes termotolerantes e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) que são indicativos de qualidade de água extremamente afetados pela ocupação da área. No entanto, no relatório constava de algumas variáveis, como: Condutividade, Nitrato, Nitrito, Dureza, DQO (Demanda Química de Oxigênio), cor real e aparente, Coliformes termotolerantes e Totais, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em Suspensão, Sólidos Totais, Temperatura do ar e ambiente, Cloro, MCISTINA e, porém algumas delas nem possuíam dados suficientes para serem tratados neste trabalho. Neste trabalho, foram discutidos somente os parâmetros de DBO, OD, pH e  $\text{NH}_4^+$ , pela existência de dados suficientes para o tratamento e alcance do objetivo estabelecido.

Os dados secundários foram então organizados em tabelas (não mostradas por questão de espaço), conforme os parâmetros citados acima, separados por represa e ordenados por ano de coleta.

Após a organização dos dados, foram construídos os gráficos pertinentes, usando-se a média aritmética de cada variável para cada ano estudado. Esses gráficos foram construídos utilizando-se o programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), Advanced Models* versão 13.0.

A análise dos gráficos foi feita a partir da regressão linear dos dados e os resultados apresentados junto com a respectiva equação matemática.

#### **4. Resultados e Discussão**

A observação dos dados fornecidos pela EMBASA demonstrou que apenas os resultados de DBO, OD, pH e NH<sub>3</sub> apresentavam uma variação significativa com o tempo que pudesse estar relacionada com a ocupação da área estudada.

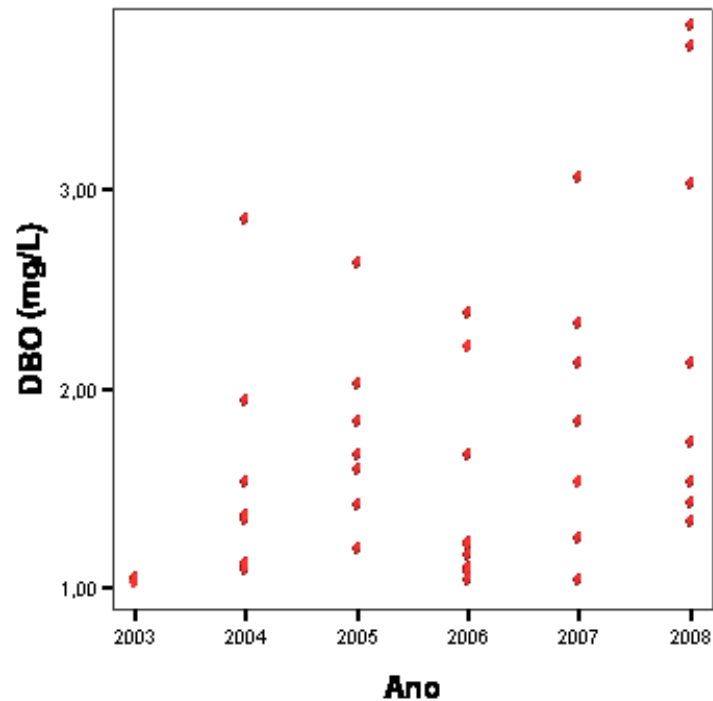
Os relatórios apresentam também dados referentes à condutividade, cor aparente e turbidez, que não foram analisados por não refletirem variações relacionadas à ocupação da área. Os dados de Nitrato, também apresentados nos relatórios não mostraram variação temporal, sendo considerados constantes durante o período analisado neste trabalho. Os dados de Fosfato não foram analisados por falta de dados secundários apresentados.

##### **4.1 Análise dos dados de DBO**

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, os valores de DBO para águas doces de classe I deve atender a um Valor de Referência (VR) da DBO em 5 dias a 20°C até 3 mg/L de O<sub>2</sub>, para águas doces de classe II até 5 mg/L de O<sub>2</sub>, para as de classe III de até 10 mg/L de O<sub>2</sub>. Seguindo determinações do órgão gestor das águas do Estado da Bahia, o INGÁ, o rio Ipitanga foi enquadrado na categoria classe II, conforme estudos e avaliação realizada. Portanto, de acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA a DBO não deve ser superior a 5mg/L, e se estiver acima deste valor indicará comprometimento da quantidade de oxigênio dissolvido no meio. A DBO retrata, de forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou corpos d'água pelo

decréscimo de OD, sendo, portanto, um parâmetro associado ao potencial de consumo do OD, (VON SPERLING, 2007; MOTA, 2005).

A figura 1 mostra o diagrama de variação dos valores de DBO com o tempo no período de 2003 a 2008 para a represa Ipitanga I.



**Figura 1 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP I**

Pode ser visto na Figura 1, que para a represa IP I não sugere que com o passar dos anos haja alteração na Demanda Bioquímica de Oxigênio, apesar de alguns índices de DBO terem apresentado valores nos anos de 2007 e 2008 um pouco acima em relação aos outros anos. No entanto, todos os índices amostrados estiveram abaixo do limite determinado pela Resolução CONAMA 357/05. Considerando a baixa indicação de uma relação linear, a reta de regressão não pode ser ajustada, já que ao longo dos anos a DBO não parece variar muito. De acordo com dados obtidos pelos órgãos ambientais do Estado (IMA, INGÁ), e da EMBASA, a variação nos valores da DBO neste período ocorreu pelo intenso processo de ocupação urbana desordenada na região e aumento da demanda de emissão de lançamento de esgotos sem tratamento.

As figuras 2 e 3 apresentam os diagramas de evolução de DBO com o tempo para as represas Ipitanga II e III, respectivamente.

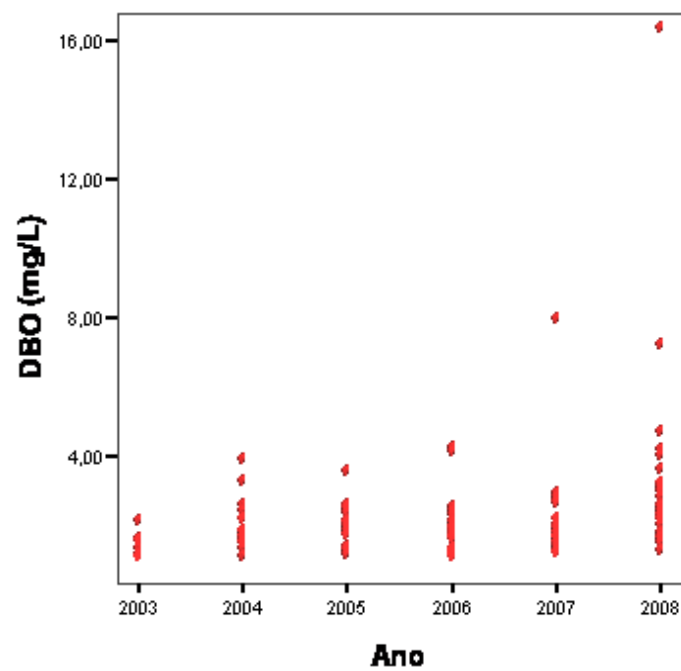


Figura 2 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP II

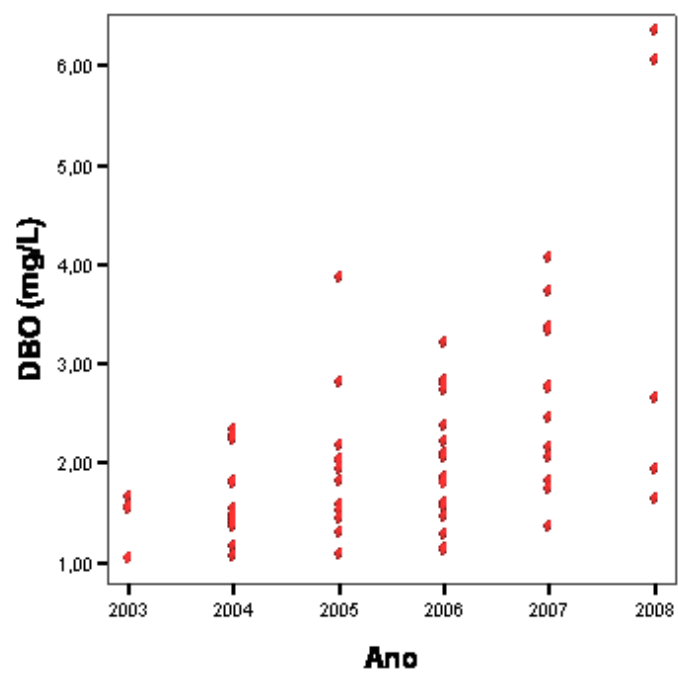


Figura 3 – Diagrama de Dispersão entre Ano e DBO na Represa IP III



Para a represa Ipitanga II, os valores médios de DBO são maiores que para Ipitanga I, aumentando ainda mais para a represa Ipitanga III. Isto reflete o modelo de ocupação da área, pois Ipitanga I localiza-se totalmente em Salvador, com um alto grau de ocupação por sítios particulares, conjuntos habitacionais e pedreiras e, Ipitanga II e III, por sua vez, que é cortada pela rodovia CIA/Aeroporto, recebem contribuições de efluentes domésticos e industriais do CIA. A represa Ipitanga II localiza-se em Salvador e Simões Filho e é ocupada por sítios particulares e Ipitanga III, também com problemas de ocupação desordenada, está inserida em Simões Filho e Salvador com pequena influência de Lauro de Freitas.

Ao contrário do que acontece nas represas IP I e IP II, em IP III parece haver uma relação linear positiva do Ano com a DBO. Apesar desta aparência crescente da DBO com o ANO, apenas duas observações foram superiores ao limite da Resolução CONAMA 357/05 no ano de 2008.

Esta tendência crescente indica que está havendo lançamento irregular e aporte de Matéria Orgânica (MO) fazendo com que o índice de DBO aumente com o passar dos anos. O modelo de regressão será ajustado para estes dados, de forma a ajudar a entender como a DBO cresce à medida que passam os anos na represa de Ipitanga III. A Tabela 1 mostra os coeficientes ajustados, e o valor de  $p$ .

**Tabela 1: Ajuste do Modelo de Regressão para a DBO e o Ano na Represa IP III**

$R^2=0,267$	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de $p$
<b>Coeficiente linear</b>	-754,026	158,905	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	0,377	0,079	<b>0,000</b>

A equação estimada da DBO é

$$\hat{DBO} = -754,026 + 0,377 \text{ Ano}$$

sendo que o Ano está explicando 26,7% da variabilidade da DBO, de acordo com o  $R^2$ . Sendo assim, temos que a DBO cresce 0,377mg/L a cada ano. Tomando como base os

resultados apresentados na Tabela 1, que indicam que a variável Ano é estatisticamente significativa para explicar a Dependência Bioquímica de Oxigênio, ao nível de 5%, já que o valor de  $p$  foi aproximadamente zero. Desta forma, no final do mês de março do ano de 2013, o valor estimado para a DBO atingirá o limite máximo de especificação da Resolução 357/05 do CONAMA ( $<5\text{mg/L}$ ) na represa IP III, considerando fixas as outras influências que agem sobre a DBO.

Para a represa Ipitanga II, os valores médios de DBO são maiores que para Ipitanga I, aumentando ainda mais para Ipitanga III. Isto reflete o modelo de ocupação da área, pois Ipitanga I localiza-se totalmente em Salvador, com um alto grau de ocupação por sítios particulares, conjuntos habitacionais e pedreiras e, Ipitanga II e III, por sua vez, que é cortada pela rodovia CIA/Aeroporto, e recebem contribuições de efluentes domésticos e industriais do CIA. A represa Ipitanga II localiza-se em Salvador e Simões Filho e é ocupada por sítios particulares. A barragem de Ipitanga III, também com problemas de ocupação desordenada, está inserida em Simões Filho e Salvador com pequena influência de Lauro de Freitas.

Desta forma, é necessário entender o motivo de a DBO estar crescendo nesta represa, sendo que nas outras duas a DBO apresentou um comportamento constante, a fim de serem providenciadas medidas que cessem o comportamento crescente deste índice em IP III.

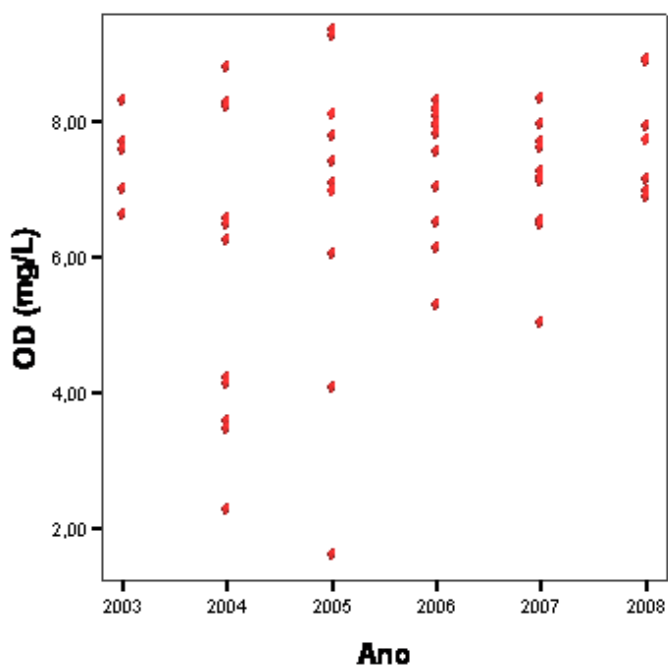
### **1. Análise dos dados de Oxigênio Dissolvido (OD)**

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, os valores de OD, para águas doces de classe 1, devem estar acima de  $6\text{ mg/L O}_2$ ; para as de classe 2 não inferior a  $5\text{ mg/L}$  de  $\text{O}_2$  e as de classe 3 não inferior a  $4\text{ mg/L}$  de  $\text{O}_2$ . Neste caso, como o rio estudado é enquadrado classe 2, o valor utilizado será acima de  $5\text{ mg/L}$  de  $\text{O}_2$  para que a água seja considerada com um mínimo de qualidade.

Von Sperling afirma que o consumo de OD superior a capacidade de produção do meio aquático reduz o número das espécies, determinando a seleção das menos resistentes.

Os valores de OD, segundo Von Spering, têm sido utilizados como indicativos da determinação do grau de poluição por despejos orgânicos e autodepuração em corpos hídricos, assim como para a sua caracterização.

Pode ser visualizado na Figura 4 que na represa IP I há alguns valores abaixo do limite estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA para o OD nos anos de 2004 e 2005, mas não parece haver indicação de que o passar dos anos faz com que essa variável se altere, levando em conta que a maior concentração de índices amostrados está quase que uniformemente distribuída no intervalo de 5 a 10 mg/L de O<sub>2</sub>. Deste modo, não cabe aqui uma análise de regressão.



**Figura 4 – Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP I**

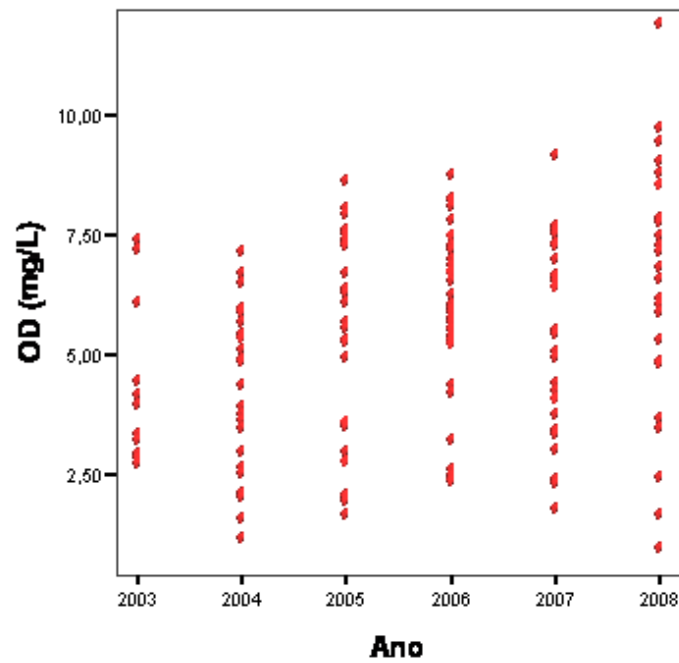


Figura 5: Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP II

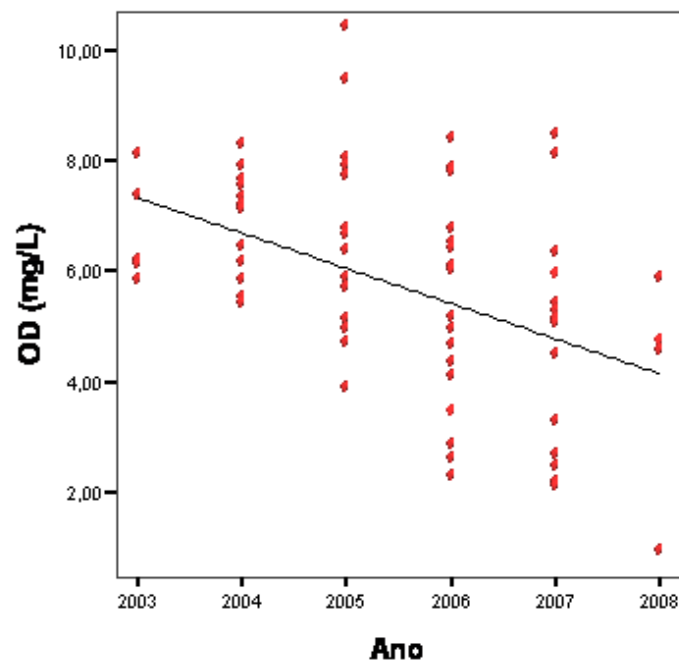


Figura 6: Diagrama de Dispersão entre Ano e OD na Represa IP III

Como os dados parecem ter uma relação linear para a represa IP III, então foi ajustado o modelo de regressão para o OD e o Ano nesta represa.

**Tabela 2: Ajuste do Modelo de Regressão para o OD e o Ano na Represa IP III**

<i>R</i> <sup>2</sup> =0,212	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de <i>p</i>
<b>Coeficiente linear</b>	1287,136	301,939	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	-0,639	0,151	<b>0,000</b>

Como pode ser visto na Tabela 2, a equação estimada do OD é:

$$\hat{OD} = 1287,136 - 0,639Ano$$

sendo que o Ano está explicando 21,2% da variabilidade da OD, de acordo com o *R*<sup>2</sup>. Sendo assim, temos que o OD decresce 0,639mg/L a cada ano. Os resultados da Tabela 10 também mostram que a variável Ano é estatisticamente significativa para explicar o Oxigênio Dissolvido, ao nível de 5% de significância, já que o valor de *p* foi aproximadamente zero e, portanto menor do que 5%. Sendo assim, de acordo com a equação, desde 2006 as águas da barragem de IP III já apresentavam níveis de OD abaixo do que é estabelecido pela Resolução 357/05 do CONAMA (5mg/L), e no ano de 2010, o valor estimado para o OD é de 2,746mg/L. Se as condições de IP III permanecerem com as mesmas condições atuais, em março de 2014 o nível de OD chegará a zero.

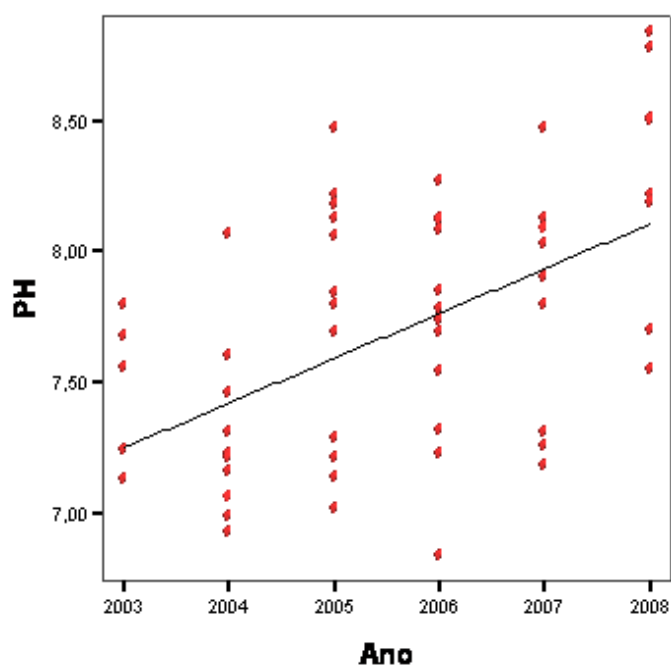
Assim como acontece com a DBO em IP III, o OD também terá um comportamento crítico, e precisa ser mais estudado, para que medidas sejam tomadas em relação às águas desta represa com objetivo de uma condição ambiental satisfatória para atender a demanda de abastecimento humano e ecológico.

## 2. Análise dos dados de pH

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, os valores de pH para as águas doces variam entre 6,0 a 9,0. Segundo Esteves e Von Sperling, se esta faixa de valor não for atendida pode afetar a vida aquática e os microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. Esteves menciona, ainda que, os baixos valores de pH ocasiona perdas de íons de sódio e cloreto de organismos dos peixes, assim como as

mudanças bruscas de pH é comumente observado em casos de poluição, em que pode indicar a presença de efluentes industriais. Von Sperling ressalta, ainda que, o pH baixo tem potencial corrosivo e agressivo em tubulações e peças das águas de abastecimento e quando elevado possibilita as incrustações.

A figura 7 mostra que na barragem de IP III não indicou haver relação com o passar dos anos, permanecendo o pH sem alteração. Os valores desta variável estão dentro do intervalo de especificação da Resolução 357/05 do CONAMA, então no barramento de IP III não há indícios de ocorrência com problemas em relação ao nível do pH.



**Figura 7: Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP I**

**Tabela 3: Ajuste do Modelo de Regressão para o pH e o Ano na Represa IP I**

	$R^2=0,274$		
	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de $p$
<b>Coeficiente linear</b>	-335,783	74,738	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	0,171	0,037	<b>0,000</b>

De acordo com a Tabela 3, o ano explica 27,4% da variabilidade do pH, e a equação estimada para o pH é  $\hat{P}h = -335,783 + 0,171Ano$ . Assim, o pH aumenta 0,171 a cada ano, uma vez que há efeito do Ano nesta variável ao nível de 5% de significância, haja vista que o valor de  $p$  foi aproximadamente zero. Sendo assim, em março de 2016 a água apresentará níveis de pH acima do limite superior (9,0) do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP I, considerando fixos outros possíveis fatores que influenciam o pH. A partir deste momento, em 2008, iniciou-se o aumento do pH, pela ocorrência de lançamento de efluentes das pedreiras e domésticos, disposição de resíduos, dentre outros fatores poluidores, que atingiu o valor igual a 8,27. Segundo Von Sperling, os valores elevados ou baixos indicam a presença de efluentes industriais, e quando elevados está associado com a proliferação de algas.

Além de representar implicações em termos de saúde pública podendo causar irritação na pele e olhos, em comprometimento com as etapas de tratamento da água, na corrosão ou incrustação nas tubulações das águas de abastecimento e até afetar a vida aquática. Deste modo, se não forem tomadas as devidas precauções sanitárias para a melhoria da qualidade das águas nesta represa em 2013 o pH atingirá o valor limite igual a 9,0.

As figuras 8 e 9 apresentam os diagramas de evolução de pH com o tempo para as represas Ipitanga II e III, respectivamente.

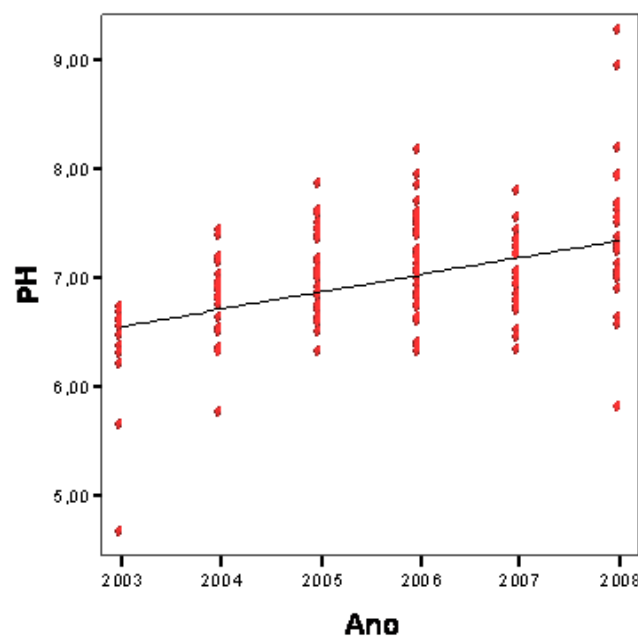


Figura 8: Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP II

**Tabela 4: Ajuste do Modelo de Regressão para o PH e o Ano na Represa IP II**

<i>R</i> <sup>2</sup> =0,182	Coeficientes Estimados		
	Coeficientes da Regressão	Erro Padrão	Valor de <i>p</i>
<b>Coeficiente linear</b>	-310,300	54,812	<b>0,000</b>
<b>Coeficiente angular</b>	0,158	0,027	<b>0,000</b>

Para a represa IP II o Ano explica 18,2% da variabilidade do pH, e os resultados do ajuste do modelo apresentado na Tabela 8, resultam na equação estimada para o pH dada por

$$\hat{P}h = -310,300 + 0,158Ano$$

deste modo, o pH aumenta 0,158 a cada ano, uma vez que há efeito do Ano nesta variável ao nível de 5% de significância, haja vista que o valor de *p* foi aproximadamente 0 (zero). Sendo assim, em outubro de 2020 a água apresentará níveis de pH acima do limite superior do intervalo especificado pela Resolução 357/05 na represa IP II, sendo mantidas as condições ambientais atuais. Desse modo, é necessário entender os motivos de o pH apresentar uma tendência crescente nessas duas represas, de forma a encontrar possíveis soluções para a redução desses níveis, antes que eles sejam ultrapassados.



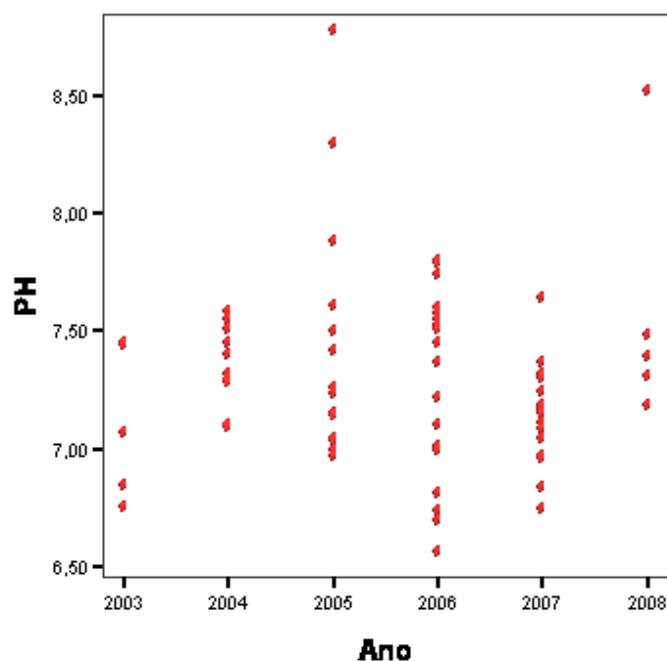


Figura 9: Diagrama de Dispersão entre Ano e pH na Represa IP III

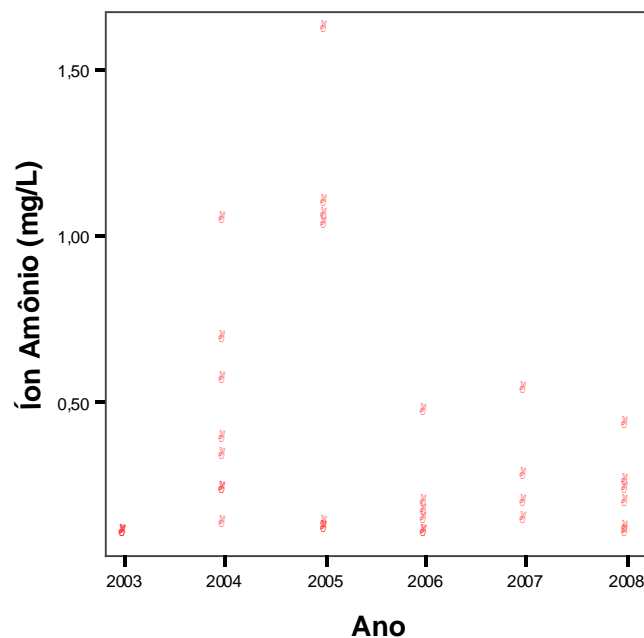
Nas figuras 8 e 9, a tendência do pH ainda se encontra em condições compatíveis com os valores estabelecidos pela CONAMA 357/05, embora esteja aumentando a cada ano, exceto em 2007 que reduziu seu valor. Observando as figuras 7, 8 e 9, o pH está ficando a cada ano mais básico, promovendo uma condição apropriada para a proliferação das algas. Comparando as duas figuras 8 e 9, que representa Ipitanga II e III, respectivamente, no ano de 2004 os valores de pH aumentaram bastante em relação ao de 2003, mas não mais que na figura 9 em que houve um aumento bem significativo no ano de 2008 em relação a 2007.

### 3. Análise dos dados de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ )

Esteves cita que em limnologia, quando se encontra referências sobre a concentração de íon amônio, na maioria dos casos, estão relacionados com as concentrações de duas formas de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_3$ ). Assim, a Resolução CONAMA 357/05 se refere ao nitrogênio amoniacal total com valores correspondentes a 3,7 mg/L N para  $\text{pH} \leq 7,5$ ; 2,0 mg/L N para  $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ ; 1,0 para  $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ ; e 0,5 p/  $\text{pH} > 8,5$ . Neste caso, considerou-se o pH menor e igual a 7,5 e  $\text{NH}_4^+$  a igual 3,7 como valor de referência para tratar os dados obtidos. Esteves e

Sperling afirmam que no meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas formas de nitrogênio livre ( $N_2$ ), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico dissolvido ou em suspensão, íon amônio livre ( $NH_4^+$ ) e ionizado ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ). Ressalta, ainda que, nos processos bioquímicos de conversão da íon amônio em nitrito e este em nitrato implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, podendo afetar a vida aquática. Esteves indica que em um meio de pH básico, o íon amônio ( $NH_4^+$ ) se transforma em íon amônio livre ( $NH_4^+$ ) e a depender da sua concentração pode ser tóxica para os organismos aquáticos.

Na Figura 10, é apresentado o diagrama de dispersão entre as variáveis o Íon Amônio e Ano na represa de Ipitanga I. Veja que o Íon Amônio está quase sempre próximo de zero, e alguns valores passam de 0,5, e não sugere haver relação do Ano com o Íon Amônio. Além disso, todas as observações estão abaixo da Resolução 357/05 do CONAMA, que diz que o Íon Amônio deve corresponder a 2mg/L.

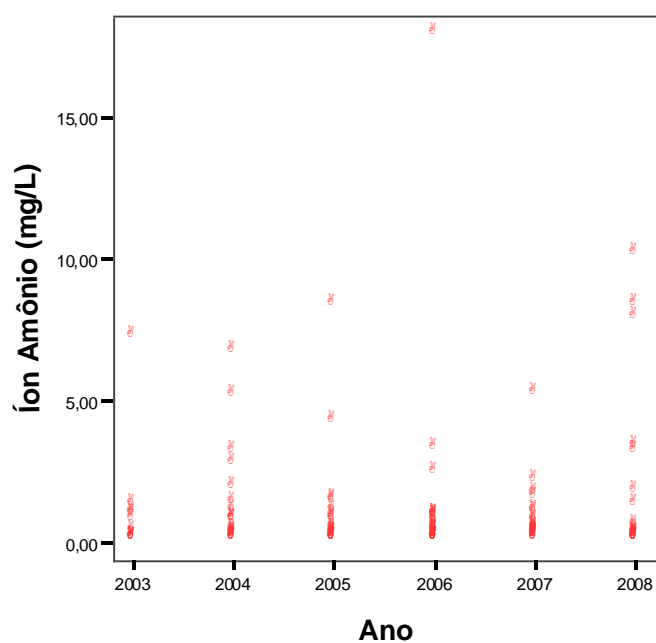


**Figura 10: Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP I**

Como consta na Figura 32, o Íon Amônio apresenta níveis acima do que o limite máximo (2,0 mg/L) determinado pela Resolução 357/05, porém não indica que esta variável esteja aumentando ou diminuindo com o passar dos anos. Contudo, é preciso adotar medidas para reduzir esses níveis de tal forma que se tenha uma água de boa

qualidade, sem elevado aporte de matéria orgânica. Os valores observados que estão acima do limite, podem ser de uma região problemática da represa IP II, haja vista que também há uma quantidade considerável abaixo do limite, que podem ter sido retirados de outra região desta represa aonde a água tem uma melhor qualidade.

As figuras 11 e 12 apresentam os diagramas de evolução de  $\text{NH}_4^+$  com o tempo para as represas Ipitanga II e III, respectivamente.



**Figura 11: Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP II**

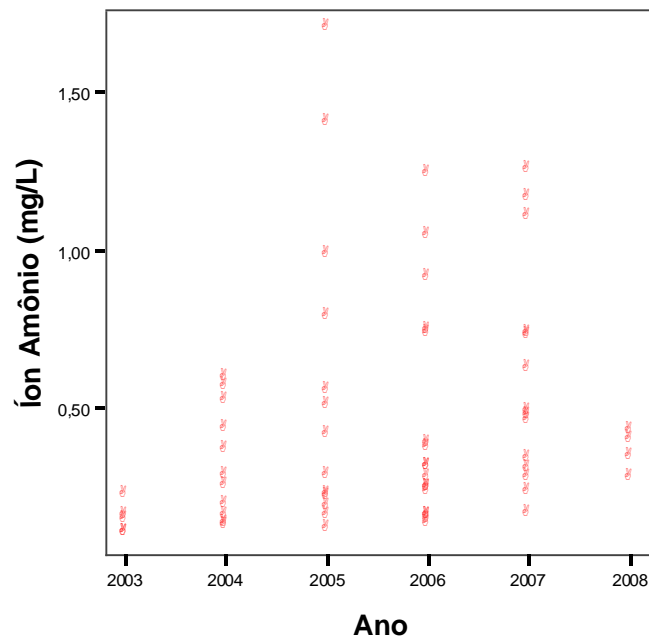


Figura 12: Diagrama de Dispersão entre Ano e Íon Amônio na Represa IP III

Os valores observados que estão acima do limite, podem ser de uma região problemática da represa IP II, haja vista que também há uma quantidade considerável abaixo do limite, que podem ter sido retirados de outra região desta represa aonde a água tem uma melhor qualidade.

A figura 12 mostra que a represa IP III não apresenta problema quanto ao nível de Amônia, e também não sugere alterar o comportamento ao passar dos anos, pois nenhum valor amostrado se encontra acima do limite pré-determinado (2,0 mg/L).

Muito embora, como os pontos apresentados nas figuras 10, 11 e 12 se comportaram de modo que distanciados da reta, a regressão linear não corresponderá a uma boa previsão da realidade.

## 5 Conclusões

A situação atual da falta de infra-estrutura urbana adequada na área de estudo e inserção de novas atividades antrópicas dificultam ainda mais as ações de preservação

ambiental, promovendo, com isto a degradação progressiva do potencial dos recursos hídricos. Em função deste avanço populacional e crescimento desordenado na região do entorno das barragens de IP I, II e III, a demanda por água tratada cresceu muito, aumentando também a produção de esgotos domésticos e industriais. Apesar desta situação, um planejamento baseado numa gestão integrada dos recursos naturais com o desenvolvimento socioeconômico deve ser empreendido antes que este manancial se torne impróprio para os diversos usos.

Neste contexto, impulsionados pelo avanço das tecnologias e modelos que colaboram na interpretação do ambiente real, os tomadores de decisão tendem a utilizar estas ferramentas para melhor diagnosticar e avaliar suas ações. Nesse propósito, a rede de monitoramento qualidade da água feita pela EMBASA é uma importante ferramenta de implantação e/ou aprimoramento de iniciativas tecnológicas na tentativa de melhorar e conservar a qualidade das águas na região onde estão localizadas as represas Ipitanga I, II e o barramento de Ipitanga III.

Neste sentido, de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, sugere que em IP III sejam demandados cuidados urgentes de proteção hídrica e controle de emissão de efluentes, por possuir eventos insatisfatórios relativos às variáveis DBO e OD, apresentando níveis crescentes, e decrescentes respectivamente. Já em relação a variável pH, os problemas apareceram nas represas IP I e IP II, que apresentaram níveis crescentes desta variável. Deste modo é necessário que algumas medidas sejam tomadas em relação a estes problemas de modo a garantir a qualidade da água destas represas.

Este trabalho continuará na análise de dados de outros parâmetros de qualidade da água, como, fósforo total, turbidez , entre outros.

## **6 Referências Bibliográficas**

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Editora Edgard Blücher Ltda. 1ª Edição – São Paulo. 1999.

CONAMA, 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. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1.

COTTA, M. E. T. **A ocupação informal na bacia do Ipitanga e seus problemas Sócio-ambientais**: São Cristóvão-Salvador/Bahia. 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Salvador: 2004.

ESTEVES, F. A. “Fundamentos de Limnologia”. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Interciência. 1998.

MONTAGOMERY, D. C., RUNGER, G. C., e HUBELE, N. F.. **Estatística Aplicada à Engenharia**. Editora LTC. Segunda Edição. Rio de Janeiro, 2004.

MOTA, S. **Preservação de Recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1988. 221 p.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e Metodologia da Qualidade da Água de Rios – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA – Universidade Federal de Minas Gerais. Volume 7. Editora UFMG. 2007.

## Anexo 6: Certificado de apresentação do trabalho



### XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

*Campo Grande, 22 a 26 de novembro de 2009*

## CERTIFICADO

*A Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH certifica que*

**Viviane Maria Mendes de Moura**

*apresentou no XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, realizado de 22 a 26 de Novembro de 2009, em Campo Grande - MS, Brasil, o trabalho “MODELAGEM MATEMÁTICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO NAS REPRESAS IPITANGA I, II E III, INSERIDA NA APA JOANES-IPITANGA, BAHIA.”, PAP001132, de autoria de:*

Viviane Maria Mendes de Moura.

*São Paulo, 26 de Novembro de 2009*

**Synara O. Broch**  
Presidente da Comissão Organizadora do  
XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

**Francisco de Assis de Souza Filho**  
Presidente da ABRH  
Associação Brasileira de Recursos Hídricos