



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



LIAMARA CARELLI

**MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA OLHOS
D'ÁGUA EM FEIRA DE SANTANA - BA: GEOPROCESSAMENTO
APLICADO À ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

FEIRA DE SANTANA – BA

2011

LIAMARA CARELLI

**MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA OLHOS
D'ÁGUA EM FEIRA DE SANTANA - BA: GEOPROCESSAMENTO
APLICADO À ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a Dr^a Priscila Paixão Lopes

FEIRA DE SANTANA – BA

2011

Ficha Catalográfica: Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Carelli, Liamara
C271m Modelagem da qualidade da água da bacia olhos d'água em Feira de Santana – BA: geoprocessamento aplicado à análise de impactos ambientais / Liamara Carelli. – Feira de Santana, 2011.
133 f.: il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Priscila Paixão Lopes
Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente)-Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas, 2011.

1. Poluição da água - Bacia hidrográfica - Feira de Santana, BA.
2. Impacto ambiental - Bacia Olhos D'água - Feira de Santana, BA.
3. Resíduos sólidos - Bacia Olhos D'água - Feira de Santana, BA.
4. Bacia Olhos D'água - Bacia hidrográfica - Feira de Santana, BA.
5. Bacia hidrográfica - Feira de Santana, BA. I. Lopes, Priscila Paixão. II. Universidade Estadual de Feira de Santana, Departamento de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 504.05:556.51(813.8)

LIAMARA CARELLI

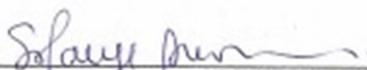
**MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA OLHOS
D'ÁGUA EM FEIRA DE SANTANA - BA: GEOPROCESSAMENTO
APLICADO À ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

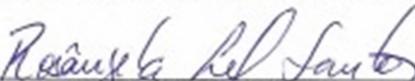
Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito à obtenção de título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 16 de setembro de 2011.

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Priscila Paixão Lopes (UEFS) - Orientadora


Prof. Dr. Solange Maria Costa de Amorim (UEFS)


Prof. Dr. Rosângela Leal Santos (UEFS)

Aos meus pais, Erothides e Margarida, essência da minha alma.

Ao meu filho, Alessandro Octávio, alegria da minha vida.

Ao meu avô Octávio Miranda, pedaço do meu coração.

AGRADECIMENTOS

Agradecer é sempre um exercício de humildade e deve ser por isso que é tão difícil fazê-lo... Não por egoísmo ou soberba, mas por um motivo que o grande mestre Gonzaguinha, que sempre soube tão bem contar a história das pessoas, cantou e que diz “E aprendi que **se depende sempre de tanta, muita, diferente gente**. Toda pessoa sempre é as marcas das lições diárias de outras tantas pessoas”. E eu espero não esquecer ninguém...

Em primeiro lugar, meus agradecimentos a Deus que a cada dia me mostrou e me mostra que há muito trabalho a fazer e que vale a pena prosseguir. Semear sempre.

Eu fui forjada nas entranhas de uma Geografia viva, graças à convivência com pessoas especiais que semearam em mim a sede de conhecimento e a percepção de que não basta viver os problemas do mundo, deve-se levantar a voz, falar, mostrar, ir fundo nas causas e nas conseqüências e jamais deixar de agir.

Meu agradecimento em forma de orações ao meu avô Octávio *in memoriam* que na sua simplicidade me contava histórias sobre as pessoas, os lugares e a vida que eram pura Geografia.

Agradeço imensamente a minha mãe, que é uma guerreira batendo de frente com a vida diuturnamente, assumindo a responsabilidade pelos vizinhos e amigos, tendo voz ativa e atitude, trabalhando incansavelmente na associação de moradores do lugar onde vive e cobrando do poder público local dignidade e qualidade de vida para os cidadãos de um núcleo de submoradia em Jundiá. E assim, ela transformou o seu bairro. Obrigada mãe, eu aprendi como se faz!

Quero fazer um agradecimento especial ao meu pai que forjou toda a minha história de luta nesse mestrado. Do momento da perda do prazo de inscrição em função do seu falecimento à força pra lutar por uma vaga no edital extra, sempre foi a luz dos seus olhos azuis que iluminou o meu caminhar. Nos momentos de angústia associados à saudade, nos momentos em que pensei que não conseguiria prosseguir, em todas as vezes que pensei em desistir, era por ele que eu decidia continuar. Esse Mestrado é nosso, pai... Meu e seu! Serei mestre porque você foi meu mestre e me ensinou que a vida é um dia após o outro. Obrigada.

Agradeço ao meu filho pela compreensão em cada momento que deixei de estar ao lado dele. E ele foi um amigo, um parceiro... Jamais me cobrou e enfeitava

meus momentos de concentração e estudos com abraços, beijos e delicadeza ímpar. Cada copo d'água que ele trazia era um momento de comunhão onde eu bebia sua companhia e seu amor. Você foi fantástico, filho!

Aos meus irmãos Fernando, Robson, Roberlei e Isaias que me dão força e fazem com que eu me sinta especial em meio ao “Clube do Bolinha”, obrigada por compartilharem comigo alguns dos momentos mais especiais da minha vida. Minhas cunhadas Marta e Sônia, meus sobrinhos Mayara e Kaique, vocês também são parte desse momento. E um obrigada especialíssimo a Alexandre Sandoval que chegou à minha família com seu carisma e doçura e levantou meu moral em muitos momentos.

À minha orientadora e parceira, professora Priscila Paixão Lopes, agradeço pela confiança, por lutar por mim e comigo e por acreditar que eu era capaz, mesmo com a depressão insistindo em bater à minha porta, com os momentos em que travei e em que a única coisa que eu conseguia produzir era uma infinidade de lágrimas. Nem uma única linha teria sido possível sem o seu apoio.

Ao meu amigo-irmão Kleber Carvalho Lima, alma-gêmea intelectual, pelo apoio, pela amizade, pela ajuda no campo, pelas noites em claro que passou em minha companhia me auxiliando, obrigada por isso e por fazer parte da minha vida.

A minha querida Amanda Souto Costa por todos os momentos em que estive do meu lado, me dando suporte desde os dias de estudo pra seleção até o último momento, me alimentando enquanto eu passava os dias com a cara enfiada no computador, dando atenção a Alê, agüentando todas as minhas crises de nervos quando eu queria mandar tudo pro ar.

Um agradecimento ímpar aos meus parceiros de coleta José Wilson Alves de Barros e Joaby Borges Silva que encararam todo mês os odores e horrores que a cidade produz, fazendo malabarismos pra garantir as amostras e transformando isso em dados no laboratório junto comigo.

À professora Neide de Assis Santana, coordenadora do Colegiado de Geografia, pela sensibilidade de compreender meu desejo de melhorar cada vez mais como pessoa e profissional e me dar o suporte necessário, me liberando do trabalho e permitindo minha licença e, mais do que isso, pela amizade e companhia ao longo de todos esses anos.

À Cristiane Araújo Alves, por segurar as barras na minha ausência do trabalho. Sem esse apoio e compreensão eu não teria conseguido.

A Evane Paiva de Oliveira, a Vaninha, por todos os dias em que cuidou do meu filho com afeto e dedicação ao longo desses anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, pelo suporte com o financiamento da etapa de campo da pesquisa.

A Universidade Estadual de Feira de Santana, por garantir minha licença do trabalho, em especial ao carinho e sensibilidade do meu querido Reitor José Carlos Barreto de Santana.

Ao pessoal do Laboratório de Saneamento da UEFS pelo suporte na etapa de análises, especialmente Adriano Cosme Pereira Lima, Antônio Luiz Alves Lima e Dione Ribeiro Silva Mendes de Araújo que foram verdadeiros colaboradores, tiraram minhas dúvidas e me ensinaram muita coisa. Vocês são show!!! E um obrigada especial à dona Maria que me auxiliou tanto e tanto – e com carinho de mãe - no manuseio e cuidado com os equipamentos.

Aos meus colegas de mestrado, com destaque para Ana Isabel Oliveira, Ângelo Moura, Filipe Ramos Mello, Luiz Rogério Macedo que em diversos momentos estiveram presentes no meu processo de produção, mesmo sem saber. E ao queridíssimo Leilton Damascena por ter feito a diferença durante as aulas e em toda a caminhada. Obrigada!

Aos meus colegas do curso de Geografia que me incentivaram todo o tempo, especialmente Carolina Oliveira Gomes que faz a diferença onde quer que chegue e Janeide Oliveira que é a alegria em pessoa. Ambas tornaram diversos momentos tensos em descontração e leveza. Valeu meninas!

Meu agradecimento muito mais que especial à professora Rosângela Leal Santos que me socorreu em muitas horas de desespero e me orientou em tudo o que eu precisei quando eu me deparava com labirintos aparentemente intransponíveis. Você me mostrou o que é ser um Mestre no sentido pleno da palavra e eu quero deixar gravados aqui meu carinho e agradecimento pela sua participação na avaliação dessa dissertação.

Quero deixar aqui registrado, ainda, meu agradecimento à professora Solange Amorim por ter acolhido meu trabalho com carinho e sensibilidade desde quando o mesmo ainda era uma semente e por ter aceitado fazer parte da minha banca de avaliação, contribuindo com seu olhar crítico e seu conhecimento na construção desse trabalho.

Obrigada a todos vocês!

As águas são as que mais sofrem [...] As primitivas e malcheirosas "casinhas" se transformaram em banheiros limpos e perfumados. Neles basta que se aperte um botão e a coisa feia desaparece magicamente, não se sabendo para onde vai. [...] Joga-se um pneu no mar e vapt-vupt, a mágica está feita, não existe pneu. Ele some. Também os rios. Um menininho, olhando para um riachinho imundo que passa perto de Itaicí, perguntou à sua mãe: "Mamãe, por que é que os rios têm de ser sujos?". Os rios não têm de ser sujos. Nós os sujamos. E eles ficarão cada vez mais sujos. Porque deixaram de ser rios e passaram a ser esgoto.

Rubem Alves

A ninguém é dado o direito de usar predatoriamente o bem comum ou comprometer a existência de bens naturais que serão indispensáveis às gerações do futuro. A preservação do ambiente está necessariamente relacionada à preservação da vida humana.

Samuel Murgel Branco

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água e determinar os impactos ambientais decorrentes do lançamento de efluentes no corpo hídrico de uma bacia hidrográfica. Para tanto, delimitou-se como área de estudo a bacia Olhos D'Água que está inserida na bacia do rio Jacuípe no município de Feira de Santana, estado da Bahia. Ao longo do seu percurso, a bacia Olhos D'Água recebe lançamentos de efluentes domésticos e resíduos sólidos em função da localização do seu território que atravessa a área urbana do município. A metodologia de trabalho consistiu na análise de dados químicos, físicos e biológicos como indicadores da qualidade da água, além da observação *in loco* dos problemas existentes na área de estudo, documentados através de fotografias ao longo de dez pontos de coleta. Os dados foram analisados temporal e espacialmente, sendo os mesmos utilizados também na construção de dois índices de qualidade da água, o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B) e o Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}). Foram constatadas diversas alterações na qualidade da água da bacia Olhos D'Água ao longo de toda a sua área de drenagem. Tendo como parâmetros os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para a classe 3, foram constatados valores de mediana inadequados para os parâmetros Oxigênio Dissolvido (em 7 dos 10 pontos), D.B.O. (em 9 dos 10 pontos), Cor (em dois pontos) e Coliformes totais e fecais (10 e 3 pontos, respectivamente). Mesmo a mediana de cada parâmetro estando dentro dos limites toleráveis, houve muitos picos elevados de valores fora dos limites. O número de coliformes fecais presentes na água da bacia atingem valores da ordem de até 2 milhões de bactérias para 100 ml nos pontos mais críticos, apresentando valores alarmantes inclusive na zona de descarga. Pelos resultados encontrados, conclui-se que a bacia Olhos D'Água apresenta um nível alto de degradação da qualidade de suas águas e representa um risco de saúde para a população residente no seu entorno, inclusive para a população usuária das águas na zona próxima à confluência entre o riacho Olhos D'Água e o rio Jacuípe.

Palavras-chave: Qualidade da Água, Impacto Ambiental, Bacia Hidrográfica, Efluentes, Urbanização.

ABSTRACT

This study aimed at the analysis of the water quality and the determination of environmental impacts of effluent discharge in a watershed. For this purpose, we delimited as study area the Olhos D'Água basin that is inserted in the river Jacuípe basin, in the municipality of Feira de Santana, Bahia state. Along its route, the Olhos D'Água basin receives domestic sewage and solid wastes due to its crossing of the city urban area. The methodology consisted in the analysis of chemical, physical and biological indicators of water quality, as well as on-site observation of the problems in the study area, documented through photographs over ten collection points. The data were analyzed temporally and spatially, and they are also used in the construction of two indices of water quality, the Water Quality Index of Bascarán (IQA_B) and the Objective Index of Water Quality (IQA_{OBJ}). We found several changes in the quality of the water in Olhos D'Água throughout its drainage area. Taking the limits established by CONAMA Resolution 357/2005 for class 3 as parameters, median values were considered inadequate for the variables Dissolved Oxygen (in 7 out of 10 points), B.O.D. (in 9 of 10 points), color (two points) and total and fecal coliforms (10 and 3 points respectively). Even the median of each parameter being within tolerable limits, there were many peaks of values out of bounds. The number of fecal coliforms in the water basin reach values of order up to 2 million bacteria per 100 ml in the most critical points, including alarming figures even in the discharge zone. These results lead to the conclusion that the Olhos D'Água basin has a high level of degradation of its waters and represents a health risk for the population living around it, including the population that uses water near the confluence between the Olhos D'Água creek and Jacuípe river.

Keywords: Water Quality, Environmental Impact, Water basin, Effluent, Urbanization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Casarão Olhos D'Água.....	41
Figura 02	- Localização da Bacia Olhos D'Água em Feira de Santana/BA...	42
Figura 03	- Localização da Bacia Olhos D'Água e Densidade de Ocupação em Relação ao Anel de Contorno.....	45
Figura 04	- Bacia Olhos D'Água – Delimitação e distribuição dos pontos amostrais.....	46
Figura 05	- Mapa Hipsométrico da Bacia Olhos D'Água.....	48
Figura 06	- Declividade do terreno na área da Bacia Olhos D'Água.....	49
Figura 07	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 01.....	50
Figura 08	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 02.....	51
Figura 09	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 03.....	52
Figura 10	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 04.....	53
Figura 11	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 05.....	54
Figura 12	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 06.....	55
Figura 13	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 07.....	56
Figura 14	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 08.....	57
Figura 15	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 09.....	58
Figura 16	- Localização e caracterização do Ponto Amostral 10.....	59
Figura 17	- Condições estético-sanitárias à jusante do ponto de coleta 01.....	60
Figura 18	- Fatores de impacto ambiental nas imediações do Ponto 02.....	61
Figura 19	- Indicativos de poluição ambiental a montante do Ponto 03.....	62
Figura 20	- Local de coleta no ponto 03.....	63
Figura 21	- Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 04.....	64
Figura 22	- Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 05.....	65
Figura 23	- Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 06.....	66
Figura 24	- Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 07.....	67
Figura 25	- Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 08.....	68

Figura 26	- Casa de preparo de camarão localizada no entorno do ponto 09.....	69
Figura 27	- Indicadores de poluição das águas da Bacia Olhos D'Água no ponto 09.....	70
Figura 28	- Abastecimento de água na comunidade Três Riachos.....	71
Figura 29	- Presença de baronezas no rio Jacuípe.....	72
Figura 30	- Variação dos valores de variáveis físico-químicas dos pontos amostrais: Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Temperatura e p.H.....	83
Figura 31	- Variação dos valores de variáveis físico-químicas dos pontos amostrais: Turbidez, SDT, Condutividade Elétrica, Cor.....	86
Figura 32	- Variação dos valores de variáveis biológicas dos pontos amostrais.....	88
Figura 33	- Variação temporal dos parâmetros Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais e Temperatura.....	90
Figura 34	- Distribuição dos pontos de coleta nos dois primeiros Componentes Principais.....	91
Figura 35	- Variação do IQA _B ao longo da bacia Olhos D'Água.....	104
Figura 36	- Variação temporal do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA _B) para a Bacia Olhos D'Água.....	107
Figura 37	- Variação temporal do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA _B) para a Bacia Olhos D'Água, retirados os pontos influentes 01, 02 e 05.....	108
Figura 38	- Modelagem da Qualidade da Água por Krigagem Ordinária.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA 357/2005.....	28
Tabela 02	- Definição dos parâmetros analisados para determinação da qualidade de água ao longo da bacia Olhos D'Água.....	80
Tabela 03	- Metodologia analítica, equipamentos e normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água da bacia Olhos D'Água.....	81
Tabela 04	- Análise dos Componentes Principais: Coeficientes das combinações lineares das variáveis.....	91
Tabela 05	- Valores percentuais e pesos atribuídos aos parâmetros de qualidade da água para cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA _B), de acordo com o método Bascarán.....	99
Tabela 06	- Classes de Qualidade da Água.....	100
Tabela 07	- Resultados da qualidade da água da bacia Olhos D'Água medidos através do Índice de Qualidade de Bascarán (IQA _B) e do Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA _{OBJ}).....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
AWWA	American Water Works Association
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDER	Companhia de Desenvolvimento Urbano da Bahia
D.B.O	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBASA	Empresa Baiana de Saneamento
GPS	Global Position System
IAP	Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público
IB	Índice de Balneabilidade
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQA _B	Índice de Qualidade da Água de Bascarán
IQA _{OBJ}	Índice Objetivo de Qualidade da Água
IVA	Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática
NEPA	National Environment Policy Act
NMP	Número Mais Provável
O.D.	Oxigênio Dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3 IMPACTOS AMBIENTAIS EM REDES HIDROGRÁFICAS.....	22
3.1 Apropriação da Natureza e Impacto Ambiental.....	22
3.2 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão.....	24
3.3 Lançamento de Efluentes em Redes Hidrográficas.....	25
3.4 Enquadramento dos Corpos Hídricos e Parâmetros de Qualidade da Água.....	27
3.5 Índices de Qualidade da Água.....	29
3.6 A Modelagem de Sistemas Hidrológicos e seu Uso em Estudos de Recuperação Ambiental.....	30
3.7 Sustentabilidade Ambiental: Mito ou possibilidade?.....	34
4. QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA OLHOS D'ÁGUA: UM CAPÍTULO NA HISTÓRIA DE FEIRA DE SANTANA.....	38
4.1 Introdução.....	38
4.2 Feira de Santana: A Importância das Águas no Portal do Sertão.....	39
4.3 Delimitação e Caracterização da Bacia Olhos D'Água.....	42
4.3.1 Caracterização sócio-ambiental da bacia Olhos D'Água.....	43
4.3.2 Descrição dos pontos de coleta.....	45
4.4 Resultados.....	59
4.5 Discussão.....	72
4.6 Conclusão.....	75
5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA OLHOS D'ÁGUA.....	77
5.1 Introdução.....	77

5.2 Materiais e Métodos	79
5.2.1 Coleta, armazenamento e transporte das amostras	79
5.2.2 Análises laboratoriais	79
5.2.2.1 Análises Biológicas.....	80
5.2.2.2 Análises físico-químicas.....	81
5.2.3 Análise dos Dados	82
5.3 Resultados	82
5.4 Discussão	92
5.5 Conclusão	95
6 MODELAGEM APLICADA À QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA OLHOS D'ÁGUA EM FEIRA DE SANTANA/BA	96
6.1 Introdução	96
6.2 Materiais e Métodos	97
6.3 Resultados	102
6.3.1 Análise espacial da qualidade da água na bacia Olhos D'Água	102
6.3.2 Análise temporal da qualidade da água na bacia Olhos D'Água	105
6.3.3 Modelagem da Qualidade da Água na bacia Olhos D'Água pelo método da Krigagem Ordinária	109
6.4 Discussão	112
6.5 Conclusão	116
REFERÊNCIAS	118
Apêndice A - Estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade da água ao longo da Bacia Olhos D'Água no período de março de 2010 a fevereiro de 2011.....	130

1. INTRODUÇÃO

A água doce, essencial à vida e decisiva para o estabelecimento pleno de comunidades humanas, já foi no passado considerado um recurso renovável e utilizado como se fosse infinito. Esta premissa caiu por terra a partir da percepção que este recurso não se renova em taxa equivalente à velocidade com que o ser humano lança poluentes direta ou indiretamente nos corpos d'água, os mesmo corpos d'água dos quais depende para sua alimentação e higiene (SANTO, 2003; GALINDO e FURTADO, 2009).

A formação de cidades, originalmente organizadas para permitir cooperação e segurança para seus habitantes, gerou restrições quanto à facilidade de captação de água para sua manutenção, bem como impôs uma concentração do problema de geração de resíduos, que lançados em grandes quantidades nos corpos d'água geram impactos ambientais de dimensões variáveis (MACIEL FILHO et al., 2000; LIMA, 2002).

O acúmulo de resíduos provenientes das atividades humanas e a degradação da natureza são os primeiros impactos que acusaram as conseqüências resultantes do aumento e da concentração demográfica e a necessidade de uma discussão ampla sobre a sustentabilidade e a finitude dos recursos naturais. A preocupação em não dispor de recursos que garantam a sobrevivência em um futuro próximo tem levado a um debate que objetiva a redução dos impactos não apenas em função da consciência, mas da necessidade de sobrevivência (GOULART e CALLISTO, 2003; PONTES, 2003).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), em resolução aprovada em 2010, o acesso à água potável e ao saneamento básico é um dos direitos humanos universais já que, segundo estudos publicados por essa organização, quase 900 milhões de pessoas em todo o mundo vivem sem água limpa, aproximadamente 2,6 bilhões de pessoas não tem acesso a saneamento básico e pelo menos 1,5 milhão de crianças morrem, anualmente, antes de completar cinco anos por falta de água potável (ONU, 2011).

A dinâmica de utilização da água que abarca usos múltiplos, dentre os quais se destacam o abastecimento urbano e industrial, a irrigação, o transporte, a geração de energia, o lazer e a pesca tem promovido conflitos com outros usos

previstos. A preservação da flora, da fauna e a harmonia paisagística são exemplos dessas outras formas de utilização dos recursos hídricos que acabam não sendo atendidos em função dos impactos promovidos pelas atividades humanas (PONTES e SCHRAMM, 2004; TUNDISI, 2005).

A existência de uma fonte de água é elemento que permite a instalação de grupamentos humanos, e esse foi um dos elementos chave para a formação do município de Feira de Santana, originado a partir de uma fazenda próxima a diversos minadouros – denominados olhos d’água - que formavam um riacho usado como fonte de abastecimento por viajantes e boiadas a caminho de Salvador (SANTO, 2003). Após cerca de 180 anos de ocupação, aquele riacho se viu transformado de importante fonte d’água a canal de recebimento de efluentes.

A bacia Olhos D’Água, localizada na porção centro-sul do município de Feira de Santana, entre as coordenadas geográficas 500000 a 506000E e 8641000 a 8645000 N – Fuso 24S - apresenta um nível de acelerada ocupação urbana, tendo em vista sua localização em uma área bastante próxima ao centro da cidade, bem como o fato de englobar um dos maiores conjuntos habitacionais do município, o Conjunto Feira X. Os fatores supracitados influenciam de maneira bastante significativa o impacto causado pelos agentes produtores do espaço urbano que, além de produzir/consumir espaço, contribuem sobremaneira para intensificar os problemas ambientais.

Um dos impactos ambientais mais relevantes observados ao longo de toda a bacia é a identificação de fontes de poluição difusa drenando um volume significativo de efluentes domésticos para os riachos que cortam a área de estudo. Esses lançamentos têm origem tanto através de ligações irregulares das casas para as galerias de águas pluviais como através de ligações diretas às águas da bacia efetuadas pelos moradores das residências localizadas às margens dos riachos, cuja conseqüência é o aporte dessa água ao rio Jacuípe, importante corpo d’água do estado cujas águas são utilizadas para o abastecimento de parte da capital baiana, entre outros municípios, para a pesca e para o lazer da população ribeirinha.

A própria EMBASA, em seu site oficial, reconhece a necessidade de “ampliação do sistema coletor de esgoto e estações de tratamento, sobretudo em Feira de Santana, principalmente na vertente do Rio Jacuípe” (EMBASA, 2004), mas desde o processo de estabelecimento da rede de captação até o presente momento

grande parte da carga de poluentes gerada na região chega ao rio Jacuípe, como se pode constatar através dos resultados desta pesquisa.

Nesse contexto, é extremamente relevante analisar a qualidade da água dessa bacia que contribui para abastecer a Bacia do Jacuípe, de modo a garantir uma melhor qualidade de vida à população, o que pode ser alcançado através de uma investigação que contemple o uso de ferramentas e técnicas de suporte como o Geoprocessamento.

Segundo Monteiro et al. (2001, p.01) “o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica”, caracterizando dessa forma uma série de procedimentos que podem ser executados a fim de garantir maior precisão na análise do espaço geográfico. Não bastassem esses argumentos, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) contribuem para a execução de uma análise ambiental ampla, garantindo um diagnóstico preciso dos impactos da ocupação humana sobre o meio físico.

Nesse sentido, essas ferramentas têm sido utilizadas nos mais diversos ramos do conhecimento para subsidiar a análise e a tomada de decisões. No âmbito dos estudos ambientais pode-se citar como exemplo o estudo de Lima (1994) que trata da avaliação metodológica do processo de gestão de recursos naturais a partir do uso de SIG com vistas a analisar a qualidade ambiental de uma microbacia no município de Rio Claro/SP, integrando os aspectos ambientais, a legislação ambiental e a consulta pública como fatores de análise integrada para detecção de estratégias de recuperação da área.

Por sua vez, Donha et al. (2006) determinaram a fragilidade ambiental de uma área no município de Pinhais-PR utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG, tendo como resultado mapas com a localização de áreas de fragilidade potenciais e emergentes. Ressalta-se, nessa pesquisa, a localização da área de estudo dentro de uma Área de Proteção Ambiental (APA) e a constatação dos autores da inadequação no uso do solo da área à legislação ambiental e a eficiência do uso do SIG, cujos produtos posteriormente podem servir a projetos de intervenção nas áreas mapeadas.

Com base em todos os pressupostos analisados anteriormente e apoiando-nos em conceitos e conhecimentos discutidos em diversos ramos da ciência, como as Ciências Biológicas, a Química, as Engenharias Sanitária e Ambiental, além dos

conhecimentos e fundamentos da Geografia, buscou-se mapear e caracterizar os principais pontos de lançamento de efluentes existentes na bacia Olhos D'Água com o objetivo de demonstrar a situação crítica do ponto de vista da ineficiência do serviço de coleta e tratamento de esgoto, bem como a falta de conscientização da população que lança os efluentes de suas residências nos riachos, ainda que tenha que conviver com as conseqüências da degradação das condições sanitárias e paisagísticas diariamente. Posteriormente, utilizando parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados como indicadores de contaminação foi analisado o enquadramento da bacia Olhos D'Água nas classes previstas na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), bem como a adequação das condições ambientais das águas da bacia aos padrões estabelecidos pela legislação.

Por fim, a partir dos dados analisados e utilizando a metodologia de geração de índices de qualidade da água que agregam diversos parâmetros e permitem uma análise integrada das condições ambientais da bacia foram modeladas a distribuição espacial e temporal da qualidade da água utilizando dois índices de qualidade bastante utilizados nos estudos em bacias hidrográficas, o Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}) e o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B).

Em função da maior rigorosidade do IQA_B , este foi utilizado para a modelagem do mapa da bacia Olhos D'Água através de interpolação pelo método da krigagem ordinária, apresentando como resultado um mapa de superfície com a predição de valores do IQA_B para as áreas não amostradas na pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade da água e determinar o impacto causado pelo lançamento de efluentes domésticos sobre a qualidade da água da bacia Olhos D'Água.

2.2 Objetivos Específicos

1. Delimitar e caracterizar a bacia Olhos D'Água;
2. Identificar os principais pontos de lançamento de efluentes domésticos na área da bacia;
3. Substanciar trabalhos futuros de análise e manejo ambiental na bacia.
4. Avaliar a qualidade da água ao longo da bacia por meio de parâmetros químicos, físicos e biológicos.
5. Avaliar a qualidade da água da bacia Olhos D'Água a partir de índices de qualidade com vistas a substanciar a modelagem da qualidade da água da bacia.

3. IMPACTOS AMBIENTAIS EM REDES HIDROGRÁFICAS

A fim de contextualizar o processo de impactos ambientais em redes hidrográficas é essencial conhecer um pouco do histórico que levou à formação do conceito de impacto ambiental, das implicações destes em corpos hídricos e dos impactos causados a partir do lançamento de efluentes em redes hidrográficas.

3.1 Apropriação da Natureza e Impacto Ambiental

A degradação do ambiente tem início a partir do momento em que as populações humanas ampliam as atividades de apropriação do espaço como a sedentarização, a domesticação de animais e o advento da agricultura que, posteriormente darão origem às primeiras cidades e à intensificação do uso dos recursos naturais (RODRIGUES, 1993; PEREIRA, 2009).

Com o advento do modelo de desenvolvimento capitalista, a natureza se transforma em objeto de apropriação, engendrando um novo e mais maciço processo de degradação sem precedentes na história da humanidade. Camargo (2005, p.28) compartilha desse pensamento ao afirmar que:

A dinâmica da aceitação da natureza como um processo eternamente reversível foi acompanhada de outros fatores, como a externalidade e a fragmentação do homem em relação ao meio ambiente. Esse contexto, que habita o conceito social da natureza e que em sua dialética associou-se ao desenvolvimento do sistema capitalista, garantiu a transformação do ambiente em mercadoria calçado no ideal da maximização do lucro. Por isso, a aceleração competitiva capitalista associou-se diretamente com a ampliação da utilização do meio natural, transformando-o em bem econômico.

Pode-se afirmar, então, de acordo com Tommasi (1993, p.2), que o desenvolvimento sem escrúpulos leva ao início de movimentos ambientalistas e a um início de uma consciência de que os projetos não deviam considerar apenas aspectos tecnológicos e de custo-benefício em detrimento das questões sociais e culturais.

Essa consciência adquirida é o passo que leva à criação em 1969, nos Estados Unidos, da National Environment Policy Act – NEPA (CÁNEPA et al., 1998; STAMM, 2003; ROCHA et al., 2005), legislação que determina o início de estudos

de impacto ambiental com o pressuposto de contribuir na tomada de decisão em projetos. Com a ampliação das discussões ambientais e a visibilidade da legislação americana, diversos países acabam por introduzir os estudos de impacto ambiental em suas legislações, embora os países acabem por adaptar a legislação contextualizando-a a sua realidade específica (MOREIRA, 1985).

No Brasil os estudos de impacto são introduzidos a partir do Plano Nacional de Meio Ambiente, Lei nº 6.938/81, posteriormente alterada pela Lei nº 7.804/89. A Lei 6.938/81 foi regulamentada dois anos depois através do Decreto nº 88.351/1983 que determina que os estudos de impacto ambiental devam ser realizados conforme critérios estabelecidos pelo CONAMA. Ressalta-se que tais critérios só serão divulgados três anos depois, através da Resolução CONAMA nº 001/1986.

De acordo com a Resolução CONAMA 001/86 considera-se como impacto ambiental:

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA 001, de 23.01.1986).

Com base na definição acima, o conceito refere-se de forma bastante clara aos efeitos da atividade humana sobre o ambiente e, dessa forma, os acidentes naturais não são considerados como agentes de impacto ao meio ambiente. Pressupõe-se, portanto, que por estar diretamente relacionado à ação humana, o impacto ambiental é intrínseco ao próprio processo de produção do espaço geográfico, pois conforme Camargo (2005, p.17):

A análise do espaço geográfico reflete a maneira como o meio técnico e científico intermedia a relação da sociedade com a natureza e, assim, demonstra como se organizam tanto a economia como a cultura, bem como o processo político e ideológico da sociedade. E, dessa maneira, esta análise nos permite tentar entender a essência que envolve a sociedade e os seus processos.

Uma das fontes de impacto que mais tem causado preocupação é a contaminação dos recursos hídricos, especialmente com a expansão do fenômeno de urbanização e o aumento populacional. Além disso, não se pode deixar de pontuar que a água tem cada vez mais se tornado um recurso finito e limitado e sua contaminação inspira preocupações dos mais diferentes setores da sociedade desde

a década de 1970, fazendo emergir o conceito de sustentabilidade no contexto do modelo de desenvolvimento vigente (BORSOI e TORRES, 1997; MERTEN e MINELLA, 2002).

Com a atualização da Constituição Federal de 1988, é inserido um capítulo inteiro relativo ao meio ambiente, transformando o Brasil em um dos países com a legislação ambiental mais avançada do mundo. Em 1989 o estado de São Paulo faz o mesmo em sua constituição estadual, incluindo um capítulo sobre meio ambiente, recursos naturais e saneamento.

Essa preocupação tem promovido uma mudança de mentalidade nas sociedades e as discussões acerca da problemática da contaminação dos recursos hídricos gerou uma reação em cadeia que culminou com o surgimento de leis que pudessem equacionar os usos e a finitude dos recursos hídricos.

3.2 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento e Gestão

No contexto das preocupações da sociedade com a contaminação dos recursos hídricos é aprovado, no Brasil, o Plano Nacional de Recursos Hídricos em 1996 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), dando ao país os instrumentos legais para o ordenamento e a gestão das águas (MACHADO, 2003; POMPEU, 2006; BATISTELA, 2007).

De acordo com a Lei nº 9.433/1997 a bacia hidrográfica deve ser utilizada como unidade territorial de planejamento e gestão, especialmente porque permite uma análise integrada dos fatores ambientais, econômicos e sociais.

Essa afirmação pode ser constatada em Botelho (1999, p.269), que conceitua bacia hidrográfica como “a unidade natural de análise da superfície terrestre, na qual é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem”.

De acordo com Bigarella e Suguio (1979, p.13) bacia hidrográfica é “área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial composto por um curso principal”. Por sua vez, Tucci (2006, p.5) afirma que “para cada seção de um rio existirá uma bacia hidrográfica. Considerando esta seção, a bacia é toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar à seção que define a bacia”.

No conceito de Barrela et al. (2001) bacia hidrográfica é:

um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático”. (BARRELA et al., 2001).

Por essa definição, considera-se que os potenciais vetores de contaminação de uma bacia hidrográfica não se restringem aos pontos oficiais de chegada de efluentes, no caso, as tubulações de esgoto, mas abrange toda a rede de águas subterrâneas que drena para o rio.

Nesse sentido, a definição dada por Yassuda (1993, p.08) para bacia hidrográfica que é entendida como “o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural”, exprime a amplitude da importância do padrão de crescimento humano observado em toda a área de influência de uma bacia hidrográfica.

3.3 Lançamento de Efluentes em Redes Hidrográficas

Na atualidade, o impacto causado pelo lançamento de efluentes em corpos hídricos tem sido uma das grandes preocupações das sociedades, especialmente em função de ser a água um recurso finito e indispensável à sobrevivência humana. Santo (1995, p.13) afirma que “apesar de alguns animais adaptarem-se a uma vida com quantidades mínimas de água o homem utiliza-a tanto para beber como para manter sua higiene e conseqüentemente sua saúde”.

De acordo com a ABNT (1973), efluentes podem ser compreendidos como:

Qualquer tipo de água ou outro líquido que flui de um sistema de coleta, de transporte – como tubulações, canais, reservatórios, elevatórias -, ou de um sistema de tratamento ou disposição final como um sistema de tratamento e corpos d’água.

O mesmo conceito é discutido por Von Sperling et al. (1995, p. 114) quando afirmam que efluente é qualquer despejo de origem agrícola, industrial ou doméstica lançados no ambiente, sejam estes tratados ou não, conceito corroborado por Krieger et al. (1998) que definem efluentes como “descargas, no ambiente, de despejos sólidos, líquidos ou gasosos, industriais ou urbanos, em estado natural, parcial ou completamente tratados”.

Com base nessas definições, para o objetivo desse trabalho, efluentes têm o mesmo significado que esgoto que, ainda com base em Von Sperling et al. (1995, p. 114), significa “despejos líquidos das habitações, estabelecimentos comerciais, instituições e edifícios públicos”.

Como pontuado anteriormente, a expansão do fenômeno de urbanização é um dos fatores que mais contribui com a dinâmica de lançamento de efluentes em corpos hídricos, sendo esse processo um dos tipos de impactos ambientais urbanos mais significativos na atualidade, interferindo diretamente na qualidade da água.

São inumeráveis os estudos que pontuam a poluição de um modo geral e a contaminação¹ dos corpos hídricos em particular como conseqüências do processo de urbanização calcado no modelo de desenvolvimento capitalista. Monte-Mór (1994, p.173-174), ao discutir o que ele conceitua como urbanização extensiva, afirma que, apesar das discussões acerca da problemática ambiental e seu impacto nas cidades, os estudiosos não têm conseguido equacionar os problemas nas áreas construídas, como se os espaços urbano e natural fossem desvinculados entre si. Hespanhol (2006, p.287-289) ao discutir a questão da água e o saneamento básico pontua que a problemática do saneamento ambiental ainda é uma questão preocupante no Brasil, mesmo [ou principalmente] nos grandes centros.

De acordo com Hogan et al. (2000, p. 1) “no nível local, as grandes cidades também pressionam os recursos hídricos (captação maior do que a capacidade de reposição, combinada com poluição industrial e domiciliar) e os solos (contaminação através de poluentes carregados pelas chuvas e devido à disposição inadequada do lixo)”.

Sendo assim, fica claro que a preocupação com a qualidade da água torna-se tanto maior quanto mais se amplia sua utilização pela humanidade, pois com o aumento da urbanização cada vez mais a sociedade tem se utilizado desse recurso e, junto com o aumento na utilização amplia-se também a poluição dos corpos hídricos em função dos diversos usos.

¹ Destaca-se que poluição se relaciona à presença, lançamento ou liberação nos corpos hídricos de toda e qualquer forma de matéria ou energia em quantidade de concentração ou características em desacordo com padrões legalmente estabelecidos que tornem ou possam tornar as águas impróprias, nocivas ou ofensivas à saúde, inconvenientes ao bem estar público, danosas à fauna e a flora e/ou prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade. Por sua vez, contaminação se relaciona à água que contiver organismos patogênicos, substâncias tóxicas, resíduos radioativos e outros contaminantes que constituam perigo para a saúde pública (BARD, 2002).

Considerando a poluição dos corpos d'água provocados pelo lançamento de efluentes, podem ser considerados dois tipos possíveis de poluição: pontual e difusa. Na poluição pontual existe apenas um ponto de lançamento que concentra a entrada de poluentes no corpo hídrico, enquanto que na poluição difusa os poluentes são lançados nos corpos hídricos ao longo de toda sua extensão ou em parte dela, de forma distribuída e não concentrada.

Em uma bacia que abarca vários bairros cada qual com uma rede coletora, o lançamento de efluentes sanitários ocorre a partir de diversos pontos ao longo do curso dos riachos, o que caracteriza essa poluição como sendo de origem difusa.

Vale ressaltar que, de acordo com Cunha et al. (2003, p.127), “a poluição de um rio devido ao lançamento de efluentes não ficará restrita ao trecho do rio onde ocorre o lançamento, mas comprometerá toda a bacia hidrográfica deste rio, bem como a região estuarina onde este rio lança suas águas”.

A poluição de rios e riachos pode alcançar o ponto de saturação ambiental, que pode ser compreendido como o limite máximo de poluição tolerado no sistema aquático, dependendo do volume de efluentes lançados. Nesse sentido, a contaminação de um curso d'água é determinada tanto pelo volume e qualidade de efluentes que são lançados no sistema, como pela capacidade de assimilação deste ecossistema, ou seja, as interações físicas, químicas e biológicas deste ambiente (ABRAHÃO, 2006, p. 28).

Esse limite máximo de poluição é denominado de capacidade suporte ambiental que seria a capacidade que um ecossistema tem para equilibrar suas características naturais com as atividades antrópicas, ou seja:

a capacidade ou habilidade dos ambientes em acomodar, assimilar e incorporar um conjunto de atividades antrópicas sem que suas funções naturais sejam fundamentalmente alteradas em termos de produtividade primária propiciada pela biodiversidade e que ainda proporcionem padrões de qualidade de vida aceitáveis às populações que habitam esses ambientes. (TAUK-TORNISIELO et al., 1995, p.73).

Diante de tudo o que foi exposto até o momento, é visível que a bacia hidrográfica pode ser vista como um sistema integrado e, portanto, toda e qualquer interferência em um de seus elementos tem rebatimentos na totalidade da área abrangida pela bacia.

3.4 Enquadramento dos Corpos Hídricos e Parâmetros de Qualidade da Água

Considerando os processos de poluição dos recursos hídricos e a fim de regulamentar os valores permitidos em cada parâmetro para os diversos usos da água, especialmente aquelas destinadas ao consumo humano é que o CONAMA através da Resolução nº 357/2005 classificou as águas doces conforme o uso a que se destina (Tabela 01) e, a partir dessa classificação, atribuiu limites toleráveis a diversos indicadores que devem ser analisados na construção desse enquadramento.

Tabela 01 - Classificação das águas doces segundo a Resolução CONAMA 357/2005

Classes	Usos
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> • abastecimento para consumo humano, com desinfecção • preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas • preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> • abastecimento doméstico após tratamento simplificado • proteção das comunidades aquáticas • recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) • 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 • proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> • abastecimento doméstico, após tratamento convencional • proteção das comunidades aquáticas • recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho) • 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 • aqüicultura e atividade de pesca
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> • abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado • irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras • pesca amadora • recreação de contato secundário • dessedentação de animais
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> • navegação • harmonia paisagística

Fonte: CONAMA (2005)

De acordo com essa classificação e os limites toleráveis estabelecidos pela legislação através da resolução supracitada, têm sido aplicadas diversas metodologias para avaliar a adequação dos corpos hídricos ao enquadramento

proposto e uma das técnicas mais utilizadas é a que avalia a qualidade da água a partir de índices de qualidade diversos.

A poluição difusa gera uma série de impactos que são analisados através de indicadores previstos na legislação ambiental sobre os quais são definidos alguns parâmetros que permitem mensurar o nível de poluição no corpo hídrico. Em se tratando dos indicadores utilizados para fins de avaliar a qualidade da água de um corpo hídrico, “os parâmetros físicos, químicos e biológicos são indicadores ambientais que consistem em grandezas consideradas importantes para descrever a qualidade da água.” (ABRAHÃO, 2006, p.20).

Os parâmetros que caracterizam os aspectos químicos, físicos e biológicos são estabelecidos por diversas leis, entre as quais se destaca a Resolução CONAMA 357/05 que lista mais de 70 parâmetros de qualidade da água.

3.5 Índices de Qualidade da Água

Tendo como objetivo alcançar uma análise integrada dos recursos hídricos foi desenvolvida uma série de métodos que permitem mensurar a qualidade da água a partir do agrupamento dos parâmetros através de expressões matemáticas (RIZZI, 2001; ABRAHÃO, 2006; CETESB, 2006; BONNET, 2008).

Assim, para avaliar a qualidade da água, além dos parâmetros listados pelo CONAMA, podem ser utilizados alguns índices matemáticos que transformam uma grande quantidade de dados em um número que representa o nível de qualidade encontrado nas amostras. De acordo com Abrahão (2006, p. 38) o conceito de índices de qualidade se baseia em uma comparação entre concentração de poluentes e valores de determinados parâmetros com os respectivos padrões ambientais.

Existem diversos índices utilizados para simplificação de diversos parâmetros em valores inteiros que dão mais flexibilidade no processo de transmitir informação sobre qualidade da água, dando uma noção mais ampla a respeito da evolução da qualidade espacial e ao longo do tempo e servindo de comparativo entre diversos pontos de um mesmo curso. Deve-se ressaltar, porém, que apesar de permitir uma avaliação integrada, esses índices não devem substituir uma avaliação detalhada da qualidade da água na bacia (CETESB, 2005).

Ainda conforme Abrahão (2006, p. 39), “a escolha do índice a ser utilizado dependerá das fontes poluidoras existentes no local e do uso pretendido para a água em questão”.

O índice de qualidade mais conhecido no mundo foi desenvolvido em 1970 pela Fundação Nacional de Saúde dos EUA, elaborado a partir da opinião de 142 pessoas distribuídas por todo o país que atuavam no gerenciamento de recursos hídricos (RIZZI, 2001).

Outro índice bastante utilizado (ABRAHÃO, 2006; MOLLOZI, 2006; CORADI, 2009) é o Índice de Qualidade da Água de Bascarán, que permite que se chegue a um valor global de qualidade e é bastante flexível no que se refere à introdução ou exclusão de parâmetros, de acordo com as necessidades do pesquisador e que foi escolhido para o presente trabalho em função de sua grande aceitação e flexibilidade.

3.6 A Modelagem de Sistemas Hidrológicos e seu Uso em Estudos de Recuperação Ambiental

O conceito de recuperação ambiental perpassa por uma análise apurada de todo o processo de perturbação que ocorre no ambiente quando determinados fenômenos desencadeiam uma dinâmica de poluição e, dessa forma, para entender recuperação ambiental é necessário contextualizar o que vem a ser recuperação natural e recuperação antrópica na perspectiva do presente trabalho, que trata da qualidade da água em uma bacia hidrográfica cuja maior parte da área se localiza na porção urbana.

De acordo com a Lei Federal 9.985/2000 recuperação pode ser entendida como “a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”.

Para o IBAMA (1990) recuperação implica que “[...] uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, estáticos e sociais da circunvizinhança. Significa também, que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico [...]”.

Nesse sentido, apesar de alguns autores entenderem que recuperação está associada unicamente a intervenções antrópicas a partir de um projeto (BITAR, 1997;

FOWLER, 1998; RÉ, 2007), no contexto deste trabalho qualquer dinâmica natural ou antrópica em busca do equilíbrio será considerada recuperação ambiental.

Assim, recuperação natural diz respeito ao processo de autodepuração que ocorre nos corpos hídricos a partir de processos físicos, químicos e ecológicos, tendo em vista que não existe de fato uma depuração absoluta, ou seja, o ecossistema atinge um novo equilíbrio, porém esse equilíbrio ocorre em condições diferentes das anteriores, pois houve incremento da concentração de certos produtos e subprodutos da decomposição, formando uma comunidade aquática distinta, ainda que em novo equilíbrio (VON SPERLING, 1996; CHAGAS e SOUZA, 2005).

Conforme Griffith e Berdague (2006, p.5) “os sistemas retornam à estabilidade mais cedo ou mais tarde, por meio de mecanismos sistêmicos de retroalimentação. O tempo entre o distúrbio inicial e esse retorno depende da capacidade de recuperação natural do próprio sistema”.

Por sua vez, pode ser caracterizada como recuperação antrópica toda e qualquer intervenção ou proposta de intervenção que tenha como objetivo alcançar as condições ideais que possibilitem o reequilíbrio da bacia hidrográfica em estudo.

A autodepuração seria, então, a capacidade de estabilizar a carga poluidora recebida por um corpo hídrico, permitindo alcançar um novo equilíbrio e essa dinâmica depende de uma série de fatores como a extensão do corpo hídrico, o volume de lançamento da carga poluidora, a localização dos pontos de lançamento (áreas de maior ou menor declividade e, portanto, oxigenação da água), a presença e distribuição da vegetação ciliar, entre outros.

O processo de depuração pode ser acelerado através da intervenção humana, promovendo uma recuperação antrópica que se refere a todos os expedientes que podem ser usados pelo homem a fim de que um corpo hídrico alcance novamente o equilíbrio.

Dessa forma, podemos falar em tipos potenciais de interferência para recuperação de bacias, como a alteração dos pontos de lançamento de efluentes, alteração no volume de lançamento que drena para os corpos hídricos, bem como a possibilidade já bastante discutida de tratamento prévio dos efluentes antes do lançamento.

Além disso, pode-se pensar, ainda, em alteração nas características existentes no curso da bacia, como a inserção de vegetação ciliar ao longo de toda a

extensão e a construção de degraus que permitam aumentar o fluxo da corrente e, conseqüentemente, a oxigenação da água da bacia.

Machado et al. (2010), analisando a qualidade das águas do rio Paraibuna em Juiz de Fora/MG, constataram que a autodepuração só é possível nos trechos mais afastados da zona de pressão urbana, ou seja, apenas no ponto mais afastado das áreas mais densamente urbanizadas foi constatado um processo de autodepuração natural devido à diminuição no volume de lançamento de efluentes.

Sardinha et al. (2008) ao discutirem a qualidade da água e a autodepuração no Ribeirão do Meio em Leme/SP detectaram que na sua área de estudo é o aporte de águas menos contaminadas de afluentes que aumenta a concentração de oxigênio dissolvido, mas ainda assim não atinge o teor limite exigido pela legislação. Além disso, identificaram que esse aumento nos níveis de O.D. não ocorre no período mais seco em função do menor efeito da diluição.

No âmbito da autodepuração antrópica, Araújo (2004) pontua alguns expedientes que devem ser considerados na recuperação ambiental da Sub-Bacia do rio Timbu/PR, como a reposição da vegetação ciliar e a expansão da estrutura de saneamento para as áreas mais densamente ocupadas. Por sua vez, Faria (2008) cita como medidas mitigadoras, além do tratamento dos efluentes, a aeração dos cursos d'água nos pontos mais críticos através de aeradores mecânicos ou mesmo quedas d'água com vistas a manter a estabilidade do corpo hídrico.

Essas experiências dão a dimensão dos estudos que vêm sendo realizados em relação à qualidade da água e à importância da busca de soluções, especialmente nas áreas urbanas onde a pressão da ocupação é o fator determinante para a diminuição da qualidade dos recursos hídricos e o nível elevado de poluição.

Com vistas a ampliar as discussões e propor alternativas para a melhoria da qualidade da água, muitos estudos vêm sendo produzidos utilizando como ferramenta a modelagem da qualidade da água e da capacidade de autodepuração dos corpos hídricos (SARDINHA et al., 2008; TELES E SILVEIRA, 2006; SILVA et al., 2007; WADT et al., 2004).

A modelagem da qualidade da água é um instrumento importante na definição do contexto em que se encontra um corpo hídrico tendo em vista que o modelo simplifica o processo de transmissão das informações na medida em que permite

através da representação dos dados a identificação dos pontos críticos em que há necessidade de intervenção.

A identificação das áreas potenciais de intervenção garantem uma otimização no processo de recuperação dessas áreas, uma vez que a partir do conhecimento dos pontos que merecem mais atenção podem-se desenvolver estratégias que garantam a melhoria gradual da qualidade.

De acordo com Christofolletti (1999, p.19) a modelagem

constitui procedimento teórico envolvendo um conjunto de técnicas com a finalidade de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, como atividade de reação do homem perante a complexidade aparente do mundo que o envolve. É procedimento teórico, pois consiste em compor uma abstração da realidade, em função das concepções de mundo, trabalhando no campo da abordagem teórica e ajustando-se e/ou orientando as experiências empíricas.

Nesse sentido, um modelo pode ser compreendido como uma simplificação da realidade representada que traz em seu escopo características ou relações importantes dessa realidade, permitindo uma análise integrada. A análise, baseada no modelo representante de um sistema, fornece um quadro global da totalidade deste e permite compreender o sistema como um todo em vez de se basear no estudo detalhado de elementos individuais (CHRISTOFOLETTI, 1999, p11).

Vários modelos foram utilizados para a análise da qualidade de água de bacias hidrográficas urbanas, bem como para definição de políticas de intervenção, com maior ou menor sucesso. Apresentaremos, abaixo, alguns desses estudos, a fim de ilustrar algumas possibilidades que podem ser realizadas nos estudos de bacias hidrográficas.

Sardinha et al. (2008) ao simular a qualidade da água no ribeirão do Meio em Leme/SP, utilizando o modelo QUAL2K, identificaram que as condições encontradas na área de estudo são incompatíveis com o enquadramento que recebe de acordo com o CONAMA e concluíram que o aumento da concentração de contaminantes ocorre após a recepção pelo ribeirão de parte dos efluentes gerados pela cidade de Leme, com gradual recuperação dos níveis de O.D. através de autodepuração natural a partir do aporte de águas mais limpas recebidas de seus afluentes, embora essa autodepuração não seja suficiente para atender ao limite imposto pela legislação nem mesmo ao chegar à foz. Os autores ainda concluíram através da simulação a necessidade de tratamento secundário de esgoto com eficiência de

76% para garantir autodepuração suficiente de forma a atender à legislação para rios de classe 2.

Teles e Silveira (2006) ao simular a capacidade de autodepuração em um trecho do Ribeirão Preto, localizado no município de mesmo nome no estado de São Paulo, utilizando o modelo de Streeter-Phelps, afirmam que o mesmo não é interessante para ser aplicado em áreas urbanas, uma vez que é necessário que o rio esteja em boas condições ambientais antes das áreas visíveis de lançamento de efluentes sob pena de não refletir a realidade de forma coerente e satisfatória. Ressaltam ainda o não atendimento das condições ambientais em termos dos parâmetros analisados em relação ao enquadramento a que está submetido, de acordo com a Resolução CONAMA.

Silva et al. (2007) ao discutir modelagem ambiental e sustentabilidade pontuam o uso dessa ferramenta como uma alternativa importante na definição de políticas de intervenção em área de bacias hidrográficas, considerando o aspecto dinâmico da sociedade atual, bem como a possibilidade de acompanhamento e ajustes que respondam à complexidade do sistema.

Wadt et al. (2004), no documento de apresentação do modelo SATRA (Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental)/Embrapa estabelecem uma metodologia de planejamento ambiental e discorrem sobre a utilização de modelos espaço-temporais. O planejamento tem como base as bacias hidrográficas e incorpora, entre outros instrumentos, indicadores de qualidade ambiental. Trata-se, basicamente, do uso do geoprocessamento na geração de mapas temáticos que apresentem um diagnóstico como suporte à intervenção e definição de prioridades - corretivas e sanadoras - definidas espaço-temporalmente, ou seja, onde e em que escala temporal atuar.

A partir dos exemplos acima, apresentados a título de ilustração, é possível compreender a importância da modelagem de sistemas hidrológicos e a bacia hidrográfica como suporte aos estudos e projetos de análise e recuperação ambiental.

3.7 Sustentabilidade Ambiental: Mito ou Possibilidade?

Muito se tem discutido sobre a sustentabilidade ambiental, na medida em que a natureza vem sendo cada vez mais degradada pela ação humana e é urgente que

se busquem alternativas de desenvolvimento que contemplem a emergência de um modelo mais saudável de usufruir dos recursos naturais, afirmação esta reforçada por Jacobi (2003, p. 193) quando diz que

a problemática da sustentabilidade assume neste novo século um papel central na reflexão sobre as dimensões do desenvolvimento e das alternativas que se configuram. O quadro socioambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que o impacto dos humanos sobre o meio ambiente tem tido conseqüências cada vez mais complexas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Assim, o conceito de desenvolvimento sustentável, precursor do conceito de sustentabilidade tem início a partir da conscientização ecológica que emerge na década de 1970, no contexto do Clube de Roma e da Conferência de Estocolmo, com foco na melhoria da qualidade de vida apoiada na preservação do meio ambiente.

No entanto, apesar de todos esses anos de discussões e tentativas de aprofundamento do conceito com o objetivo de que as idéias sejam de fato assimiladas e praticadas, não existe ainda uma homogeneidade na interpretação do próprio conceito e muito menos das práticas advindas do mesmo.

De acordo com Acsehrad (1999, p. 80):

O que prevalece são, porém, expressões interrogativas recorrentes, nas quais a sustentabilidade é vista como “um princípio em evolução”, “um conceito infinito”, “que poucos sabem o que é” e “que requer muita pesquisa adicional”, manifestações de um positivismo frustrado: o desenvolvimento sustentável seria um dado objetivo que, no entanto, não se conseguiu ainda apreender.

Dessa forma, a imprecisão associada ao conceito acaba por favorecer a permanência do mesmo apenas no campo teórico e abstrato, interconectada à subjetividade e à interpretação deste à conveniência dos atores que recorrem a ele, como afirma Jacobi (2003, p. 194).

O desenvolvimento sustentável não se refere especificamente a um problema limitado de adequações ecológicas de um processo social, mas a uma estratégia ou um modelo múltiplo para a sociedade, que deve levar em conta tanto a viabilidade econômica como a ecológica.

Essa idéia é também defendida por Hogan (2005, p. 331) quando afirma que:

Mesmo a sustentabilidade, como a meta maior, ainda é um conceito abstrato que serve mais para orientar a nossa visão do futuro do que para elaborar hipóteses de pesquisa. Mas o senso comum e a exploração intuitiva, na história da ciência, eventualmente dão lugar a conceitos mais sistematizados e mais cuidadosamente definidos.

Essas provocações são essenciais para compreender a importância da ação na definição de políticas que de fato contemplem a possibilidade de melhoria das condições ambientais, sem cair no discurso vazio. Mais do que isso, é essencial que a população assuma também a responsabilidade pelas consequências da degradação que ora se apresenta, pois de acordo com Jacobi (2003, p. 192)

A postura de dependência e de desresponsabilização da população decorre principalmente da desinformação, da falta de consciência ambiental e de um déficit de práticas comunitárias baseadas na participação e no envolvimento dos cidadãos, que proponham uma nova cultura de direitos baseada na motivação e na co-participação da gestão ambiental.

Para que a sustentabilidade seja mais que um emaranhado de discussões infinitas que não avancem para a prática, um dos aspectos mais relevantes é a educação ambiental como paradigma da sociedade sustentável, na medida em que, de acordo com Diaz (2002, p. 44)

a educação é a chave, em qualquer caso, para renovar os valores e a percepção do problema, desenvolvendo uma consciência e um compromisso que possibilitem a mudança, desde as pequenas atitudes individuais, e desde a participação e o envolvimento com a resolução dos problemas.

A importância da educação ambiental para a sustentabilidade fica clara a partir da criação da Lei 9.795/1999, regulamentada pelo Decreto Nº 4.281/ 2002 que define a educação ambiental como:

os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, hábitos, atitudes e competências voltados para a conservação do meio ambiente uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e a sua sustentabilidade” (BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000, p. 6).

Assim, não basta que os indivíduos aceitem a tutela e regulação do estado na resolução dos problemas, mas abandonem o sujeito passivo e assumam para si a responsabilidade também da ação, pois é da pluralidade de ações que poderá

emergir efetivamente um novo modelo de sociedade, pois, como afirma Jacobi (2003, p. 200),

A educação ambiental, como componente de uma cidadania abrangente, está ligada a uma nova forma de relação ser humano/natureza, e a sua dimensão cotidiana leva a pensá-la como somatório de práticas e, conseqüentemente, entendê-la na dimensão de sua potencialidade de generalização para o conjunto da sociedade.

Somente ao sair da esfera teórica e a partir da agregação de forças voltadas para a prática, a sustentabilidade avançará do discurso que o coloca na dimensão de mito para a dimensão da possibilidade real de promoção de mudanças sociais nas diversas esferas da vida humana no geral e, especialmente, no que se refere às questões ambientais.

Face ao exposto, numa tentativa de construção de um conceito de sustentabilidade que agregue todas as variáveis que consideramos importantes para a manutenção de condições ambientais desejáveis, entendemos como sustentabilidade a prática das atividades humanas que promovam o desenvolvimento socioeconômico e a qualidade de vida das populações sem que o equilíbrio dos sistemas naturais seja comprometido, garantindo assim, tanto a utilização quanto a manutenção dos recursos naturais para que outras gerações possam ter acesso a eles.

4 QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA OLHOS D'ÁGUA: UM CAPÍTULO NA HISTÓRIA DE FEIRA DE SANTANA

4.1 Introdução

A importância da água para as sociedades humanas é um tema recorrente em estudos das mais diferentes áreas do conhecimento, seja do ponto de vista de sua importância como recurso essencial à vida, seja no que se refere à necessidade de preservação da qualidade como garantia de saúde, seja no tocante ao tratamento para correção dos impactos decorrentes das atividades humanas, entre outros temas possíveis de serem analisados.

Além disso, é significativo o número de pesquisas que relacionam a formação de núcleos populacionais à presença de rios e outras fontes de recursos hídricos, fortalecendo a teoria de que a água é a grande responsável pelo assentamento das populações em determinadas áreas.

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente que seja resultante das atividades humanas e afetem de forma direta ou indireta a saúde e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Um dos principais impactos ambientais associados ao processo de urbanização e uso de recursos hídricos corresponde à contaminação por efluentes. Elementos como esgotos e descargas químicas de indústrias são os principais poluentes, e os corpos d'água têm variável capacidade de recuperação frente ao seu aporte ao longo de sua extensão até o ponto final de lançamento das águas. Quanto maior o aporte de resíduos, tanto menor será a capacidade de recuperação do corpo d'água que os recebem. De forma equivalente, quanto menor a dimensão do corpo d'água, menor a capacidade de recuperação deste.

A utilização dos cursos d'água como receptor de cargas orgânicas provenientes de efluentes domésticos e industriais lançados sem tratamento prévio provoca degradação acentuada da qualidade da água, promovendo desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos para a qualidade de vida e da saúde da população (BRANCO, 1972; BARROS et al., 1995; VON SPERLING, 1996).

Nesse sentido, apesar de se caracterizar como um recurso indispensável à vida e à saúde das populações, o impulso que norteia as preocupações com a qualidade da água se deve também à necessidade cada vez maior de utilização pela humanidade (ABRAHÃO, 2006).

O município de Feira de Santana, assim como tantos em todas as áreas do globo tem a sua história construída a partir da abundância dos recursos hídricos cuja importância se torna maior em função da localização do município em uma zona de transição entre o litoral úmido e o interior semi-árido. Porém, seguindo o fluxo da história da humanidade, esses recursos vêm sendo degradados significativamente no município, especialmente em função do lançamento de efluentes domésticos *in natura*.

Nesse capítulo será abordada a história do município de Feira de Santana, a importância da Bacia Olhos D'Água na dinâmica de formação do município e a caracterização física e ambiental da área que vem sofrendo, de forma inequívoca, impactos variados como consequência do processo de urbanização.

Os resultados apresentam o complexo processo de poluição nas águas da bacia a partir da constatação *in loco* do aporte de efluentes domésticos em toda a extensão da área de estudo, drenados diretamente das residências sem qualquer tratamento prévio.

O lançamento dessa carga de efluentes se dá diretamente nos riachos que drenam a área ou ainda através de ligações das residências às galerias construídas para a drenagem das águas pluviais, demonstrando a ineficiência dos serviços de coleta e tratamento de efluentes no município e a falta de consciência ambiental da população que acha mais cômodo se livrar dos rejeitos da maneira mais prática, ainda que esse comportamento traga como consequência a convivência diária com o riacho poluído e o odor proveniente desses lançamentos.

4.2 Feira de Santana: A Importância das Águas no Portal do Sertão

O município de Feira de Santana, denominado Portal do Sertão, tem sua história diretamente ligada à água, pois a presença de inúmeras nascentes foi essencial em sua dinâmica de fundação, especialmente em uma região próxima ao semi-árido nordestino.

Essas afirmações são corroboradas por Galvão (1982, p. 25) em seu trabalho sobre os povoadores da região de Feira de Santana quando diz que:

Desde a mais remota antiguidade, a história dos povos esteve sempre associada à Geografia. Ainda aqui o homem teria tido o senso de fixação a terra entre a rede hidrográfica dos rios Jacuípe, Pojuca e Subaé, com uma dezena de alagadiços, dentro da vastidão de um tabuleiro que serve de pórtico para o sertão, por vezes adusto e de caatingas agressivas.

Essa condição natural acaba por favorecer o agrupamento de pessoas na região, integrando as atividades econômicas existentes na época e servindo aos viajantes como ponto estratégico de passagem e parada.

Feira de Santana tem sua origem ligada ao comércio do gado e, devido à suas condições ideais, foi incorporada à rota de passagem dessa atividade no trajeto entre o litoral e o sertão. Conforme registros históricos, no século XVIII, Antonio Guedes de Brito foi o primeiro proprietário de uma área vasta que incluía o que hoje se conhece como Feira de Santana, área reincorporada pela coroa e redistribuída a fazendeiros, entre os quais Domingos Barbosa de Araújo e sua esposa Ana Brandão (CERQUEIRA, 2002, p. 27 e 28).

Diversos trabalhos pontuam que no início do século XVIII, o casal Domingos Barbosa de Araújo e Ana Brandão, proprietários da fazenda denominada Santana dos Olhos D'Água, em alusão às nascentes que havia em toda a área, fundou uma capela em louvor a São Domingos e a Santana, ao redor da qual se instalou um pequeno povoado e, sendo cortada pelos rios Pojuca, Jacuípe e Subaé, exerceu grande atração aos condutores de gado e viajantes que transformaram o povoado em ponto de pouso (PEDREIRA, 1983; CERQUEIRA, 2002; SANTO, 2009).

Com o passar do tempo houve a formação de uma feira de gado na região que impulsionou o crescimento do povoado e o estabelecimento de um número cada vez maior de pessoas na área, culminando com a formação do município de Feira de Santana em 1832 a partir do desmembramento do território de Cachoeira.

Ainda de acordo com Santo (2003), Feira de Santana sempre teve como característica a ocupação desordenada, especialmente a partir da década de 1970 quando tem início um aumento populacional excessivo que não é acompanhado por infra-estrutura urbana, resultando em um processo de exploração do espaço que tem como consequência a degradação ambiental.

Como a água sempre foi um dos recursos mais abundantes no município, o resultado dessa ocupação desordenada se reflete na retirada da vegetação ciliar, no aterramento e ocupação das lagoas e na contaminação da água subterrânea e superficial em função da deficiência no sistema de tratamento de efluentes, bem como da falta de consciência da população.

Apesar de a rede de abastecimento de água atender de forma significativa o município, a afirmação de Santo (1995, p.35) é simbólica quando diz que “quanto mais água se fornece, mais esgoto se produz”, em alusão à total ausência de esgotamento sanitário até a década de 1970 e precariedade na oferta do serviço na época de sua pesquisa, o que reflete, ainda, a realidade do município em 2011².

A área de estudo se localiza nas proximidades da antiga fazenda de Domingos Barbosa de Araújo e Ana Brandão, sendo referência dessa localização a casa que era sede da fazenda Olhos D'Água (Figura 01). Como o riacho que serve como nível de base local não possuía um nome determinado e, considerando a importância histórica da fazenda Olhos D'Água no desenvolvimento de Feira de Santana, o riacho principal e a bacia passam a receber a denominação de Olhos D'Água.

Figura 01 – Casarão Olhos D'Água

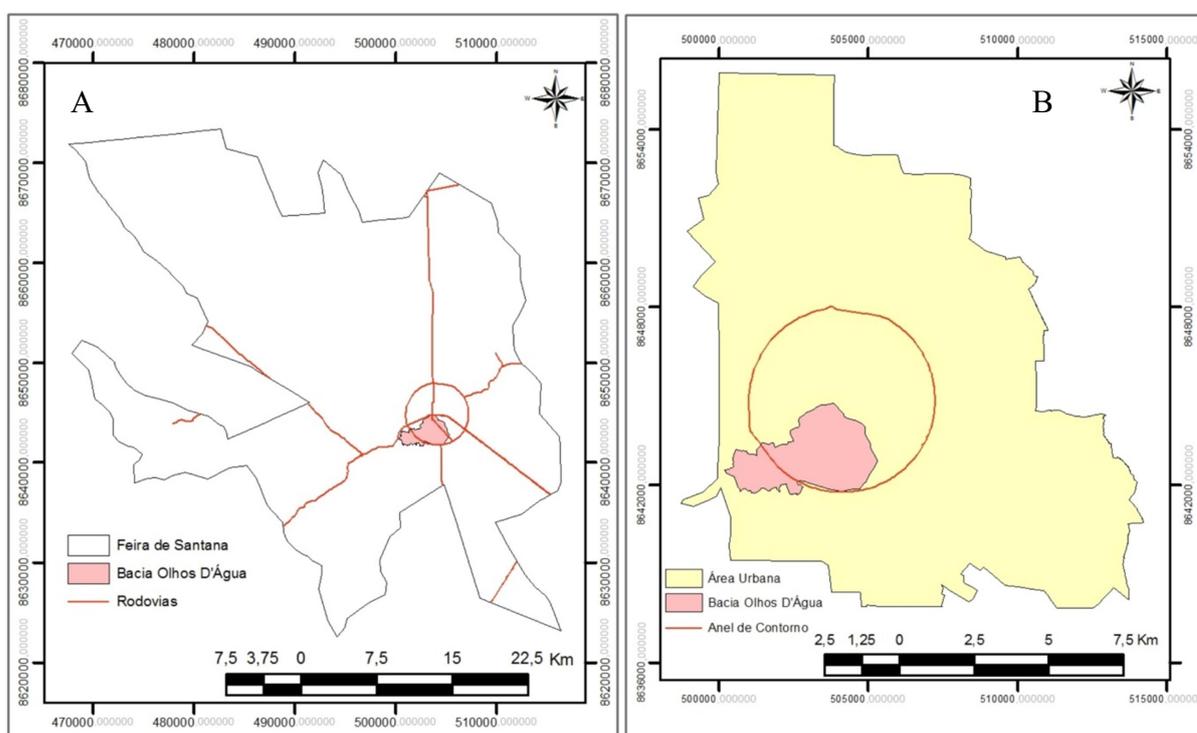


Casarão Olhos D'Água, antiga sede da fazenda Santana dos Olhos D'Água que deu origem ao povoado que, posteriormente veio a se tornar o município de Feira de Santana. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

² Em 2007 apenas 39% dos efluentes produzidos no município eram tratados (ARAUJO e GUNTHER, 2007).

A Bacia Olhos D'Água está localizada na porção centro-sul do município de Feira de Santana, entre as coordenadas 500000 a 506000E e 8641000 a 8645000 N – Fuso 24S (Figura 02).

Figura 02 - Localização da Bacia Olhos D'Água em Feira de Santana/BA



Localização da bacia Olhos D'Água 'no município de Feira de Santana em relação ao limite municipal (A) e em relação à área urbana do município (B), caracterizando a mesma como uma bacia urbana, cujo território é gerido pelo poder municipal. As linhas em vermelho representam as rodovias que cortam o município e a localização do anel de contorno perpassando a área da bacia hidrográfica. Fonte: SRH, 2003. Mapas organizados pela autora, 2011.

4.3 Delimitação e Caracterização da Bacia Olhos D'Água

A referência para a delimitação da bacia Olhos D'Água foi a Base Cartográfica Municipal de Feira de Santana, produzida pela CONDER em 2000 e atualizada pela EMBASA em 2008, na escala 1: 2000, cujas curvas de nível possuem equidistância de 1 metro. As concavidades das curvas de nível serviram como referências para traçar os canais de drenagem e estes, juntamente com as curvas de nível, serviram como base para a delimitação do limite da bacia, executada no software Spring do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A definição dos pontos de coleta se deu a partir da visita de reconhecimento, tendo como critérios a localização das principais nascentes que compõem a bacia e

a distribuição desses pontos ao longo de todo o percurso de forma a garantir uma análise integrada de todo o sistema. Os pontos de coleta foram georeferenciados com o auxílio de um aparelho GPS (Global Position System), registrando-se suas coordenadas no sistema métrico UTM (Universal Transversa de Mercator) e *datum* WGS 1984.

Foram selecionados 10 pontos ao longo da bacia, levando-se em conta a sua distribuição na área, acessibilidade e a relevância da localização nas áreas mais densamente ocupadas articulada à possível contaminação em função de a bacia estar em área de ocupação urbana.

Utilizando as curvas de nível, procedeu-se à triangulação através do método de triangulação de Delaunay, procedimento onde através de um conjunto de pontos irregularmente distribuídos obtém-se uma rede irregular de triângulos que definem, de forma aproximada o relevo da área, gerando um modelo digital de terreno (MAZZINI e SCHETTINI, 2009). Nessa etapa, o conjunto de isolinhas representado pelas curvas de nível, às quais estão associados valores numéricos que representam a altitude e considerando que estas isolinhas não se cruzam e são representadas como se estivessem “empilhadas” umas sobre as outras, foram geradas a modelagem da declividade do terreno e a hipsometria a fim de visualizar a direção dos canais de escoamento. Os mapas foram confeccionados através do software Arc Gis 9.3 da ESRI com projeção UTM e *datum* WGS 1984.

Na caracterização física da área, além das visitas de observação foram utilizadas fotografias e imagens do software Google Earth para ilustrar o entorno dos pontos de coleta e auxiliar nas análises.

A imagem do Google Earth que abrange a área onde está inserida a bacia Olhos D'Água foi georeferenciada no software Quantum Gis 1.6.0 e, posteriormente, foi feita a sobreposição nesta do limite da área da bacia no software Arc Gis 9.3 da ESRI com projeção UTM e *datum* WGS 1984.

4.3.1 Caracterização sócio-ambiental da bacia Olhos D'Água

A Bacia Olhos D'Água possui área total de 9,24 km² e está situada sobre rochas do embasamento cristalino - em sua quase totalidade - e sobre material sedimentar inconsolidado. As rochas que compõem o embasamento cristalino são

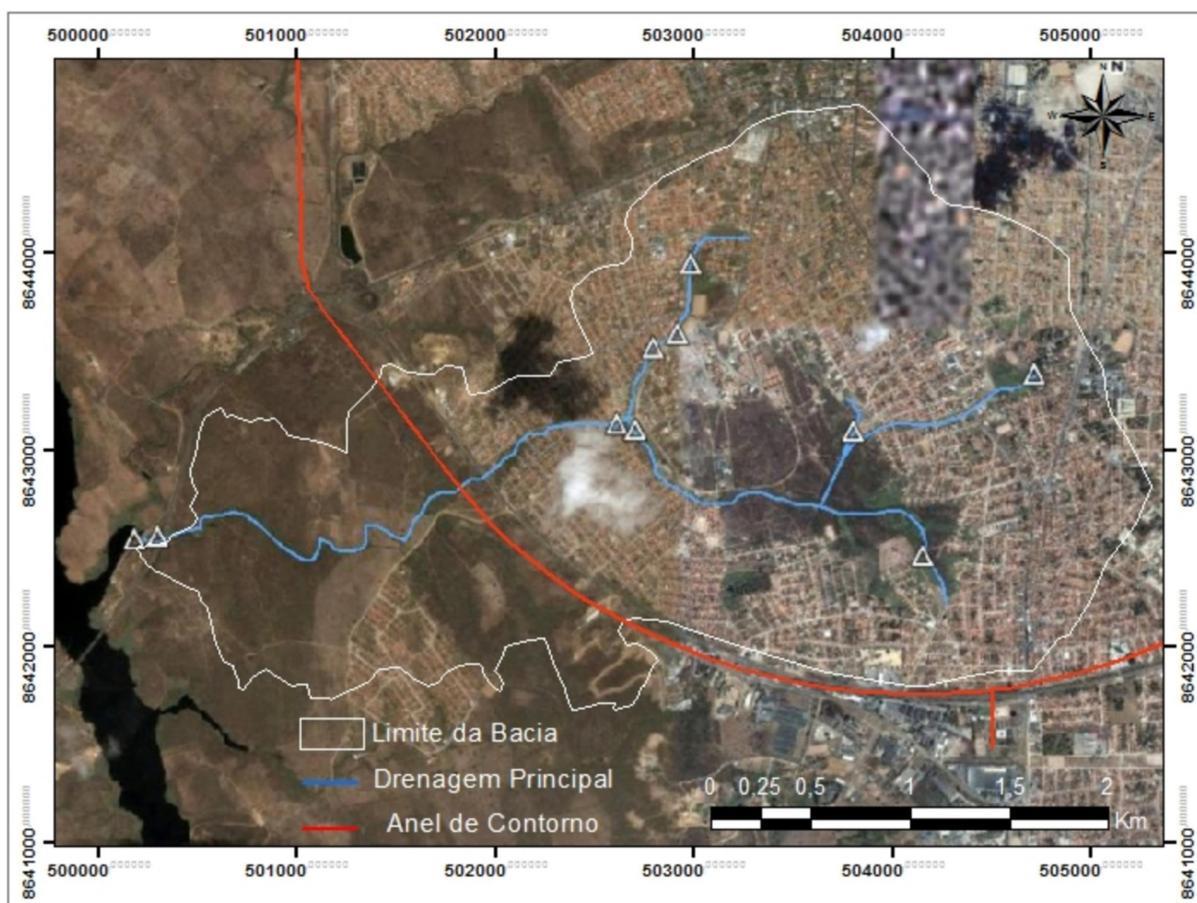
os gnaisses e gnaisses granulíticos que apresentam forte resistência ao intemperismo e, por consequência, menor capacidade de infiltração (CHORLEY et al., 1984).

O material sedimentar inconsolidado está associado às coberturas Tércio - Quaternárias que compõem os Tabuleiros Interioranos do estado da Bahia e apresenta como uma de suas características maior capacidade de infiltração das águas, o que favoreceu a formação e intensa utilização do lençol freático local. Este material está situado no rebordo norte e leste da bacia. A área transicional entre a unidade geomorfológica dos tabuleiros e do Pediplano Sertanejo - modelado sobre as rochas do embasamento - favoreceu a formação das inúmeras nascentes que alimentam os cursos d'água da bacia.

O clima do município é classificado como C2rA'a' (seco subúmido, megatérmico) de acordo com a classificação de Thornthwaite e Matther, com temperaturas médias em torno de 24°C e precipitações médias em torno de 780,55 mm anuais (BRANDÃO e SANTOS, 2010).

Como explicitado anteriormente, os precedentes históricos acerca do surgimento de Feira de Santana estão associados à abundância dos seus recursos hídricos. Pelo fato desta ocupação ter se iniciado na Bacia Olhos D'Água, trata-se de uma área de ocupação tradicional intensa onde as porções urbanizadas mais antigas localizam-se nos rebordos onde estão situadas as nascentes e as atividades predominantes, no que se refere ao uso do solo, são de cunho comercial e grande adensamento populacional. Na porção central da bacia predominam áreas residenciais de ocupação mais recente e com densidade populacional e de ocupação variável. A oeste e se aproximando do exutório, a densidade de ocupação vai diminuindo havendo a presença de núcleos isolados também recentes (Figura 03).

Figura 03 – Localização da Bacia Olhos D'Água e Densidade de Ocupação em Relação ao Anel de Contorno

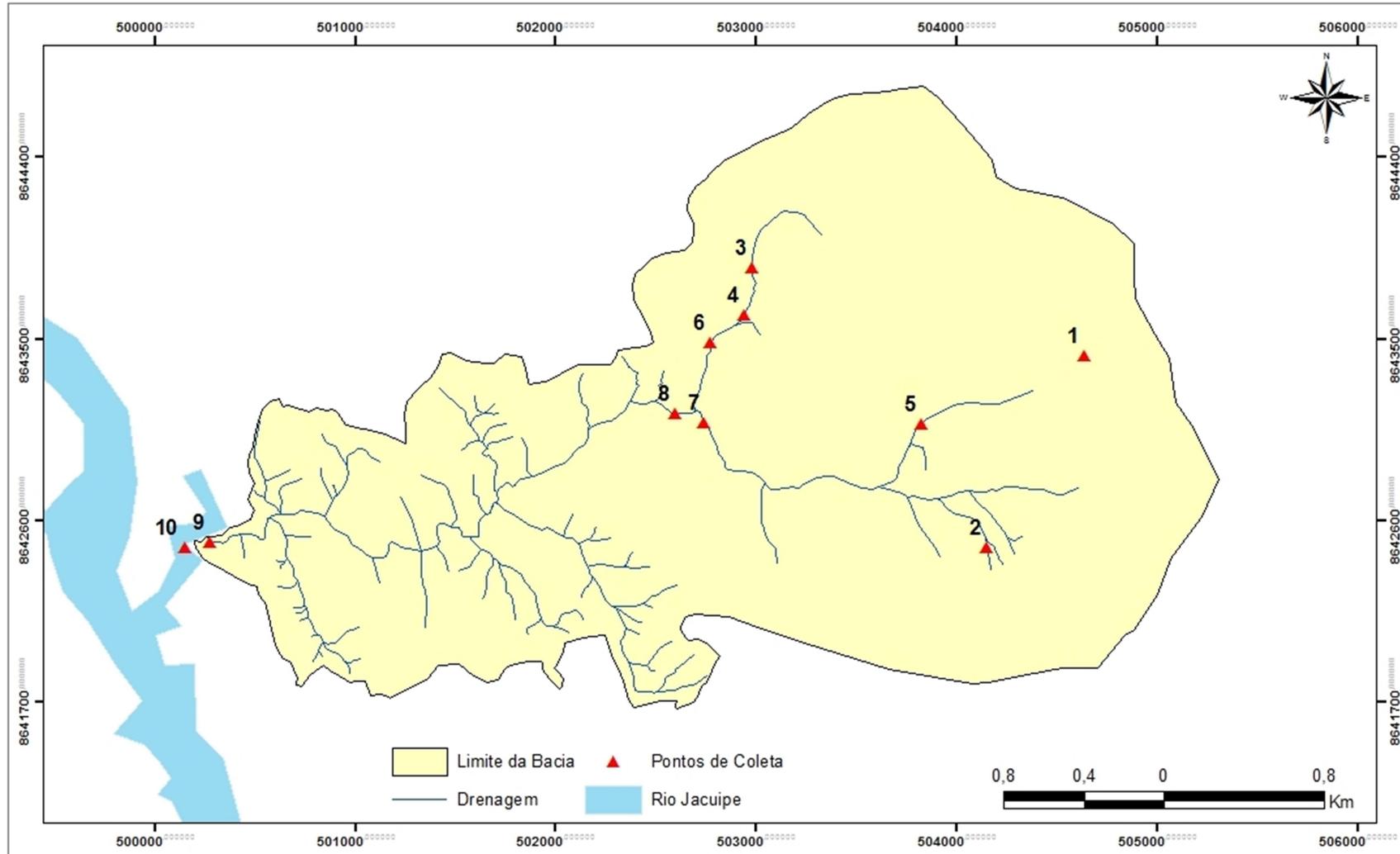


Localização da Bacia Olhos D'Água em relação ao anel de contorno de Feira de Santana (linha vermelha), que delimita a área mais urbanizada do município. Ocupação da região central para a periférica, sendo as áreas externas ao anel de contorno de ocupação mais recente. Os triângulos brancos representam a distribuição dos pontos de coleta. Fonte: EMBASA, 2008; Google Earth, 2011. Foto tirada do site em 09/08/2011.

4.3.2 Descrição dos pontos de coleta

Os pontos de coleta foram distribuídos espacialmente, considerando as nascentes dos três riachos que compõem a bacia (Figura 04). Importante ressaltar que em algumas áreas não foi feita a coleta em um trecho significativo – seja em função do canal não estar visível, seja pela impossibilidade de acesso ou ainda pela intermitência da drenagem – o que ocorre, por exemplo, entre os pontos 08 e 09.

Figura 04 - Bacia Olhos D'Água: Distribuição dos pontos amostrais



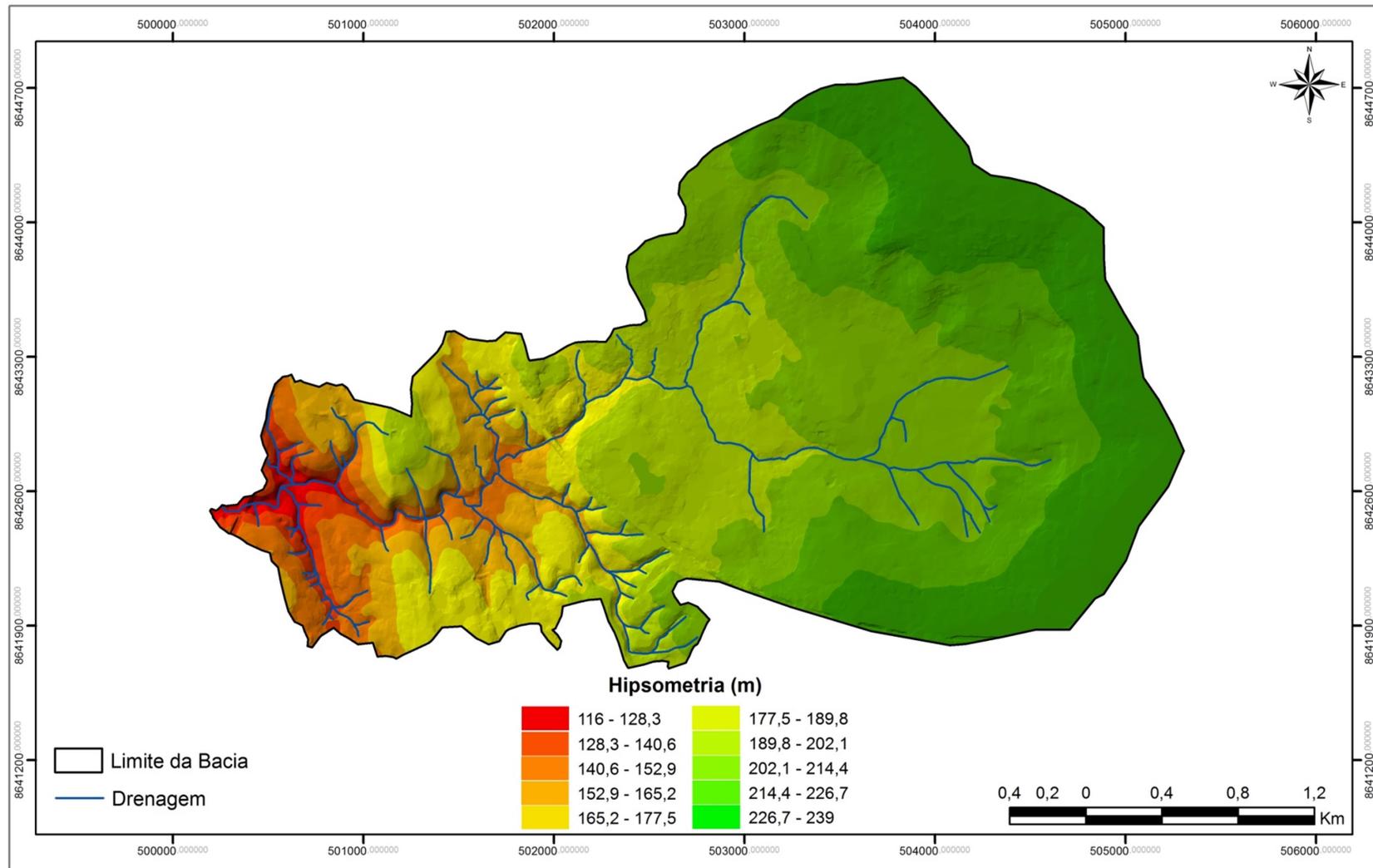
Delimitação da Bacia Olhos D'Água e distribuição dos pontos amostrais da pesquisa. Fonte: EMBASA, 2008. Mapa organizado pela autora.

Na alta bacia (Setor Leste) predomina uma superfície aplainada, associada aos Tabuleiros de Feira de Santana. Esta se localiza acima de 200 metros de altitude e sua variação altimétrica é muito pequena – dos 200 a, aproximadamente, 240 metros (Figura 05). As classes de declividade estão entre 0 a 6 graus em seu predomínio (Figura 06), confirmando o caráter aplainado do terreno. Uma acentuação na declividade é verificada nas rampas que transicionam a Cimeira do pediplano – em torno de 6 graus - área esta onde estão localizadas muitas nascentes da bacia.

Na média bacia o terreno se caracteriza por suaves ondulações associadas ao Pediplano Sertanejo em altitude média de 160 metros aproximadamente. A declividade do terreno está em torno de 2.4 a 6 graus com pequenas áreas associadas ao Riacho Olhos D'Água apresentando até 22 graus de inclinação do terreno.

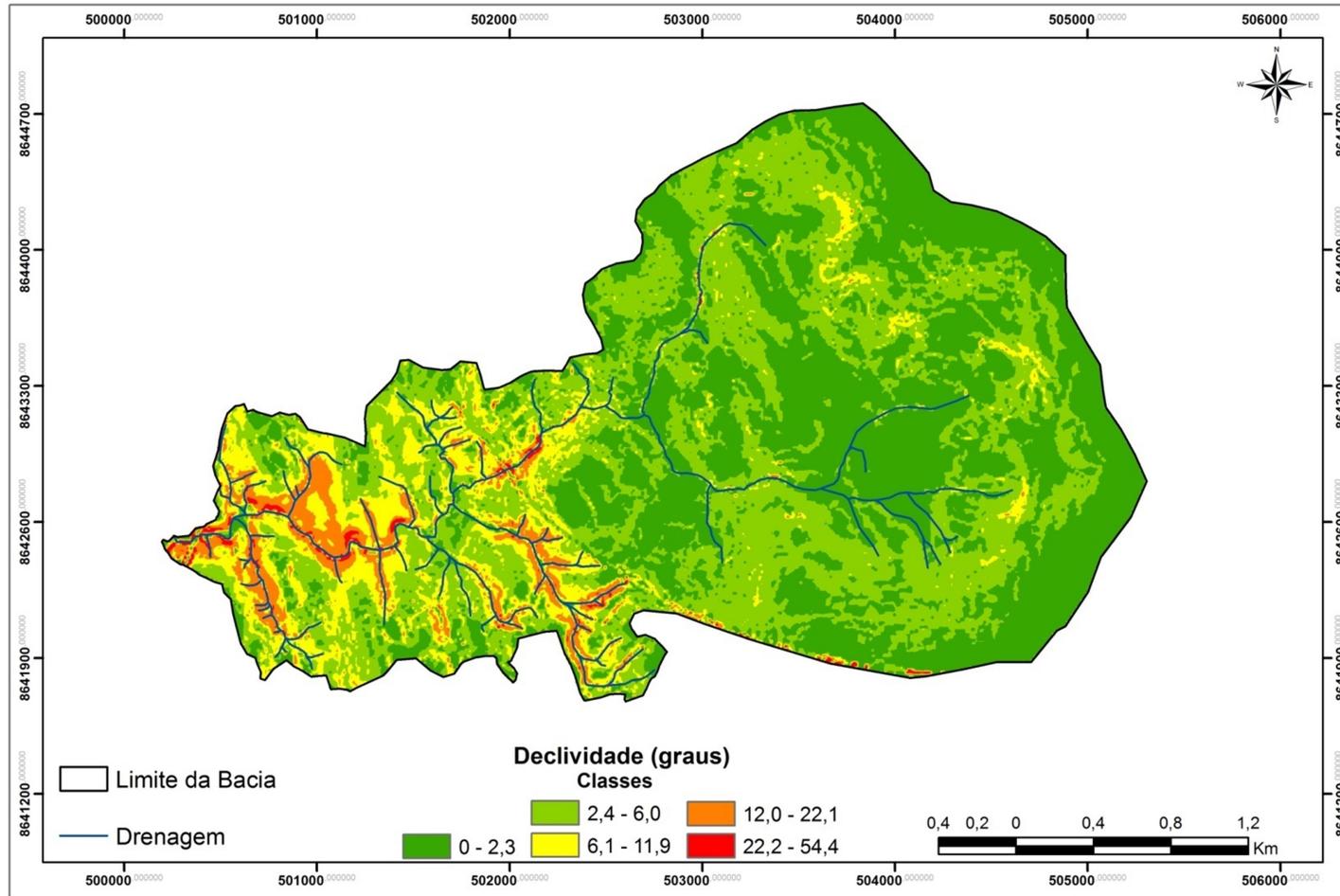
À medida que o Riacho Olhos D'Água se direciona para a baixa bacia, o terreno diminui sua elevação estando em torno de 140 metros. Por outro lado, a declividade das vertentes aumenta com relação aos outros setores da bacia onde podem ser encontradas classes de declividade acima de 12 graus, podendo atingir até 54 graus.

Figura 05 – Mapa Hipsométrico da Bacia Olhos D'Água



Hipsometria da Bacia Olhos D'Água, onde se constata predominância de superfície aplainada na área referente ao alto curso da bacia e pequena variação altimétrica (entre 200 a 240 metros) e aumento da declividade das vertentes nas áreas próximas ao exutório. Fonte: EMBASA, 2008. Mapa organizado pela autora.

Figura 06 - Declividade do terreno na área da Bacia Olhos D'Água



Declividade na área da Bacia Olhos D'Água, caracterizando a superfície aplainada do terreno a montante da bacia e gradual aumento da declividade em direção ao exutório, culminando com as áreas de maior declividade das vertentes próximas à foz. Fonte: EMBASA, 2008. Mapa organizado pela autora.

Uma das principais nascentes da bacia onde se localiza o primeiro ponto de coleta está situada em área de topografia elevada onde se constata intensa ocupação urbana, dentro de uma propriedade privada localizada na Rua Senador Quintino. Esta nascente do riacho Olhos D'Água se encontra canalizada existindo a presença de uma caixa de alvenaria construída na calçada da propriedade para a recepção da água oriunda da nascente. A partir da caixa de alvenaria o fluxo é canalizado até o outro lado da rua onde corre no seu leito fluvial, e em cujas margens se identifica a presença de vegetação ruderal até as proximidades de uma galeria de águas pluviais paralela à Rua Araújo Pinho de onde segue um trecho de retificação do canal, nas proximidades do Casarão dos Olhos D'Água (Figura 7).

Figura 07 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 01



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 01, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado próximo à antiga sede da fazenda Santana dos Olhos D'Água onde teve origem o município de Feira de Santana. O quadro destaca a vegetação detalhada em B. Fonte: Google Earth, 2011.

B - destaca-se detalhe da vegetação ruderal que cresce às margens do riacho cuja nascente foi canalizada no ponto 01. No alto à direita pode-se visualizar o Casarão Olhos D'Água, sede da antiga fazenda Santana dos Olhos D'Água. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

O segundo ponto de coleta está localizado próximo a uma área de declividade, em recente processo de ocupação caracterizado pelas poucas residências existentes no local e infra-estrutura urbana deficiente, a exemplo de ausência de pavimentação nas vias públicas. O riacho se encontra retificado por aproximadamente 300 metros a partir das proximidades da nascente, seguindo em leito natural após essa distância com a presença de vegetação ruderal ao longo da margem. Em relação à topografia, o ponto de coleta está em uma área rebaixada

com vários alagadiços nas suas proximidades e é marcante o aumento da densidade de vegetação de montante a jusante da nascente, logo após o trecho retificado. Nessa área identificaram-se alguns pontos de lançamento de efluentes domésticos diretamente no canal logo após a nascente (Figura 8).

Figura 08 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 02



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 02, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado em área de ocupação recente, a 300 metros da nascente, cujo canal está retificado a partir de 100 metros a jusante desta. O quadro destaca presença de tubulações clandestinas lançando efluentes domésticos, detalhado em B, bem como trecho retificado do canal, destacado em C. Fonte: Google Earth, 2011.

B - Detalhe de tubulação que lança efluentes domésticos próximos à nascente do riacho conforme pôde ser constatado nas visitas de observação e durante o processo de coleta. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

C - Destaque da retificação do canal próximo à nascente localizada no entorno do ponto 02. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

O terceiro ponto se localiza em uma área de ocupação mais antiga, próxima ao centro do município e, em função disso, caracteriza-se como uma área de grande pressão em termos de densidade populacional. A área apresenta topografia rebaixada, partindo de uma elevação nas proximidades do cemitério Piedade e rebaixando em direção ao ponto de coleta.

A montante do ponto de coleta havia, anteriormente, uma nascente nas proximidades do cemitério Piedade que corria em leito natural. Essa nascente e o leito do riacho Muchila foram canalizados e ressurgem em uma galeria de água pluvial situada nas proximidades do teatro Maestro Miro. O ponto de coleta está localizado em um riacho com leito natural formado por rochas expostas no seu próprio curso. Apesar de a ocupação urbana estar muito próxima das margens do canal, ainda existe a presença de vegetação (Figura 9).

Figura 09 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 03



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 03, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado no bairro Muchila, após o surgimento em uma galeria pluvial da nascente localizada nas proximidades do cemitério Piedade que foi canalizada. O quadro destaca a galeria onde surge o riacho Muchila detalhada em B. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Galeria pluvial de onde ressurgem o Riacho Muchila, nas proximidades do cemitério Piedade, a jusante da nascente canalizada. A água da galeria é bastante turva e pode-se visualizar a presença de fezes que indica contaminação por esgoto doméstico. Em determinados períodos pode-se vislumbrar a formação de uma crosta de fezes após a queda da água. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 07/11/2007.

Nas proximidades do ponto 04 o riacho Muchila segue em leito natural com trechos vegetados intercalados com trechos sem vegetação em uma área de topografia rebaixada.

Nesse trecho o leito do riacho é mais profundo em relação aos anteriores e, em determinado ponto, o riacho passa sob a rua tendo sido canalizado para permitir a construção da infra-estrutura viária, reflexo da densidade de ocupação urbana intensa no local (Figura 10).

Figura 10 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 04



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 04, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado em uma área cujo canal corre em leito natural e apresenta maior profundidade do que os pontos anteriores. O entorno apresenta uma maior densidade de vegetação, embora se trate de vegetação ruderal. O quadro destaca a localização da galeria que drena a água do riacho por baixo da infra-estrutura viária. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Leito do riacho Muchila, cuja água se apresenta visualmente turva e cujas margens apresentam uma densidade significativa de vegetação ruderal em todo o entorno. Pode-se notar ainda uma distância maior das residências em relação às margens do riacho, o que pode ser considerado um aspecto positivo. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/3/2009.

No ponto 05, localizado no riacho Olhos D'Água, apesar de a densidade de ocupação ser bastante intensa na área mais elevada à montante, nas proximidades do ponto de coleta há uma diminuição na densidade populacional caracterizada como uma área de ocupação espontânea. A infra-estrutura urbana é bastante precária nas proximidades desse ponto, sendo notória, também, a presença de tubulações clandestinas lançando efluentes domésticos no riacho e no solo (Figura 11). A coleta foi realizada em uma porção mais rebaixada do relevo, em trecho de canal com leito fluvial natural e com vegetação presente nas suas margens.

Figura 11 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 05



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 05, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado no bairro Jardim Acácia, em área de ocupação espontânea, com infra-estrutura urbana precária e grande quantidade de tubulações clandestinas lançando esgoto doméstico para o canal. O quadro destaca o canal que corre em leito natural detalhado em B. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Riacho correndo em leito natural onde se pode visualizar a presença de tubulações clandestinas que drenam o esgoto das residências diretamente para o canal, cuja água se apresenta bastante turva e com forte odor, características resultantes da presença de fezes. A presença de lixo no canal também é constante. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

Nas proximidades do ponto 06, destaca-se o relevo rebaixado e uma densidade populacional significativa. Nesse trecho do riacho Muchila o canal fluvial corre em leito natural e apresenta baixa densidade de vegetação. Uma variável que chama a atenção é a localização de residências construídas nas margens do riacho e a presença de inúmeros canos de lançamento de efluentes domésticos diretamente sobre o mesmo. O local serve de passagem de pedestres por uma ponte existente sobre o riacho e utilizada pela população residente (Figura 12).

Figura 12 – Localização e Caracterização do Ponto Amostral 06



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 06, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Ponto localizado no bairro Muchila, em área de ocupação antiga, com infra-estrutura urbana organizada. O quadro destaca o canal que corre em leito natural detalhado em B. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Riacho correndo em leito natural onde se pode visualizar a proximidade das residências à margem direita do mesmo (lado esquerdo da foto). Na etapa de campo pôde-se constatar também nesse trecho a presença de tubulações clandestinas que drenam efluentes domésticos diretamente para o canal. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

O ponto 07 é caracterizado por um trecho do riacho Olhos D'Água correndo em leito natural e com presença de vegetação mais densa nas margens com topografia rebaixada. Detecta-se, nesse trecho volume de água é nitidamente maior do que os pontos a jusante e maior distância das construções em relação ao canal, embora tenha sido identificado o lançamento de efluentes diretamente no canal partindo de estabelecimentos comerciais aproximadamente 50 metros a jusante do ponto de coleta (Figura 13).

Figura 13 - Localização e Caracterização do Ponto Amostral 07



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 07, cuja localização está destacada pelo triângulo branco, na entrada do Conjunto Feira X a montante da confluência entre os riachos Olhos D'Água e Muchila. Essa é uma das poucas em que as residências estão mais distantes das margens do canal. O quadro destaca o canal que corre em leito natural, a jusante do ponto de coleta, detalhado em B. quadro destaca o canal que corre em leito natural, a jusante do ponto de coleta, detalhado em B. A foto em que se baseia essa imagem é de 2002 e a área apresenta atualmente maior densidade de uso e ocupação do solo. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Leito natural do riacho Olhos D'Água onde se constata a presença de maior densidade de vegetação e maior profundidade da lâmina d'água. Na margem direita do canal (à esquerda da foto) pode-se visualizar a presença de canos provenientes de pequenos estabelecimentos comerciais lançando efluentes no riacho. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

O ponto 08 se localiza nas proximidades do ponto 07, após a confluência entre os riachos Muchila e Olhos D'Água. Nessa área destaca-se a retificação do canal com intensa ocupação de suas margens em área de grande pressão em termos de densidade populacional a partir do ponto de coleta. Área de topografia bastante rebaixada, onde se identifica um grande número de tubulações clandestinas drenando os efluentes das residências situadas na área diretamente no riacho. Nesse ponto a ausência de vegetação é total em função da retificação do canal e da proximidade das residências com as margens do mesmo que são significativamente largas nesse ponto em comparação aos anteriores. Além disso, destaca-se um pequeno desnível na retificação do canal que é bastante raso, permitindo o aumento na velocidade do fluxo quando não está assoreado pelo

aporte dos sedimentos provenientes das margens (Figura 14) que obriga o poder público a periodicamente proceder à limpeza do canal.

Vale a pena ainda pontuar que a jusante desse ponto, após o término do trecho de retificação do riacho, a profundidade do mesmo se torna maior, as margens se caracterizam por declividade acentuada e a vegetação se torna mais densa, impossibilitando o acesso.

Figura 14 - Localização e Caracterização do Ponto Amostral 08



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 08, cuja localização está destacada pelo triângulo branco, na entrada do Conjunto Feira X imediatamente após a confluência entre os riachos Olhos D'Água e Muchila. Nessa área, destacada pelo quadro, o canal foi retificado e as residências estão localizadas muito próximas à margem do mesmo, como pode se visualizar em B. A foto em que se baseia essa imagem é de 2002 e a área apresenta atualmente maior densidade de uso e ocupação do solo. Fonte: Google Earth. 2011.

B – Trecho retificado do riacho Olhos D'Água onde se constata redução do volume de água do canal, proximidade das residências nas margens e assoreamento do canal retificado pelo aporte de sedimentos oriundos das margens. Também nesse ponto foi constatada a presença de tubulações drenando efluentes para as águas da bacia. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

O ponto 09 situa-se na baixa Bacia do Riacho Olhos D'Água, em trecho de leito natural do canal em área não urbanizada, embora tenha sido constatada a presença de uma comunidade próxima às margens do riacho. Nesse ponto, se destaca a vertente bastante inclinada em área com presença de vegetação ao redor

e a presença de uma galeria que canaliza a água do riacho sob a rodovia BR 116. É constante nesse ponto e no ponto 10, a presença de baronessas (*Eichhornia crassipes*) e alfaces d'água (*Pistia stratiotes*) - (Figura 15).

Figura 15 - Localização e Caracterização do Ponto Amostral 09

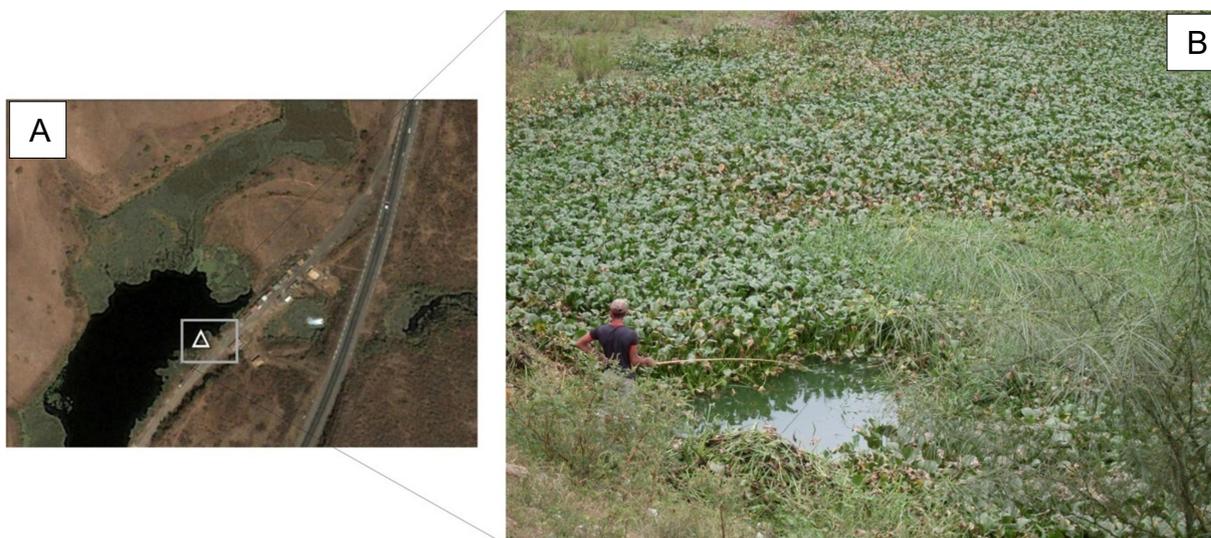


A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 09, cuja localização está destacada pelo triângulo branco, nas proximidades da comunidade Três Riachos, sob a rodovia BR 116. O quadro destaca a galeria detalhada em B. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Visão da área alagada após a galeria localizada sob a BR 116, onde se visualiza a presença de grande quantidade de espumas, considerado um indicador de poluição por efluentes de origem doméstica. Além disso, constata-se no leito do canal a presença de baronessas (*Eichhornia crassipes*) e alfaces d'água (*Pistia stratiotes*), também indicadores de poluição. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

O ponto 10 está situado no exutório do Riacho Olhos D'Água, confluência com o Rio Jacuípe, nível de base local da bacia. Nesse ponto as vertentes são bastante inclinadas, as encostas encontram-se vegetadas com pastagens e quantidade considerável de rebanho bovino, além da presença de embarcações já que a área é utilizada para pesca pela população da comunidade local (Figura 16).

Figura 16 - Localização e Caracterização do Ponto Amostral 10



A - Vista aérea das proximidades do ponto de coleta amostral 10, no exutório da bacia Olhos D'Água, cuja localização está destacada pelo triângulo branco. Esse ponto, destacado pelo quadro, está situado próximo à comunidade Três Riachos, no Rio Jacuípe, cujas águas são utilizadas pela população para lazer de contato primário, pesca e lançamento de efluentes domésticos, uma vez que a comunidade não é servida por rede de abastecimento de água e esgoto. Fonte: Google Earth, 2011.

B – Rio Jacuípe, cuja extensão de cobertura por baronessas – indicador de poluição hídrica - é claramente visível. Na foto, destaque para flagrante de utilização das águas do rio para pesca pela população ribeirinha da comunidade Três Riachos. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 28/03/2009.

4.4 Resultados

A partir da dinâmica trabalhada na caracterização dos pontos de coleta, faz-se necessário uma avaliação da situação desses pontos em se tratando dos impactos existentes, de forma a embasar os capítulos posteriores, considerando o que diz a Resolução CONAMA 01/86 que caracteriza como impacto ambiental as alterações físicas, químicas e biológicas ocorridas no ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia desde que essas resultem de atividades humanas e que afetem, entre outros aspectos, as condições estéticas e sanitárias do ambiente em questão.

No ponto 01 constatou-se que na mesma caixa de alvenaria construída pelos proprietários da casa onde se situa a nascente, ocorre o lançamento direto de

efluentes domésticos, favorecendo a poluição do riacho desde a sua nascente, antes mesmo de atingir o canal.

Às margens do leito é grande a concentração de restos de material de construção e de lixo, favorecida pelo grande fluxo de pessoas que circulam pelo local. A poluição do riacho se agrava à medida que este segue até a sua intercessão com a Rua Araújo Pinho, onde ocorre o lançamento de efluentes através de uma grande galeria que, a princípio, serve para drenar água proveniente do escoamento pluvial (Figura 17). É marcante o forte odor exalado pelos efluentes da galeria, sendo possível a identificação da presença de efluentes sanitários na água.

Ressalta-se que nesse ponto, como a água é coletada diretamente da canalização feita pelos proprietários da residência onde a nascente brota, o aspecto aparente da água coletada é bastante diferenciado da água que escoá após o surgimento na galeria de águas pluviais.

Figura 17 - Condições estético-sanitárias à jusante do ponto de coleta 01



A - Galeria pluvial localizada na Rua Araújo Pinho, à jusante do ponto de coleta 01. Em A, crosta formada pela presença de fezes na saída da galeria, onde ressurgue a drenagem da bacia, comprovando a presença de lançamento de efluentes domésticos sem tratamento no riacho. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

B - Trecho do canal retificado localizado imediatamente após a galeria, onde pode se constatar a turbidez e a viscosidade da água, bem como a presença de fezes, indicativos de poluição. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 02, os alagadiços nas proximidades do canal servem como fonte de consumo para animais soltos nas redondezas como, por exemplo, cavalos e porcos e apesar da construção recente da rede de esgotamento sanitário (Figura 18), verifica-se a presença de efluentes misturados a água de origem fluvial e pluvial, podendo se identificar vários pontos de lançamento clandestino diretamente no canal retificado e ainda a presença de efluentes lançado no solo. Ressalta-se ainda fluxo intenso de pedestres e de veículos sobre um trecho mais estreito do riacho.

Figura 18 - Fatores de Impacto Ambiental nas Imedições do Ponto 02



Proximidades do ponto 02, onde se constata acúmulo de entulho e presença de animais próximos ao leito do riacho. O local serve, ainda, de passagem a motocicletas e pedestres. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011

Nas proximidades do ponto 03, na galeria de água pluvial onde ressurge o riacho Muchila - canalizado desde a nascente nas proximidades do cemitério Piedade - se constata a presença de efluentes domésticos em função do aspecto aparente da água, do forte odor e da presença inequívoca de fezes, de onde se conclui que, apesar de a galeria ter como característica a drenagem de águas

pluviais, existe o lançamento de efluentes sem tratamento no corpo hídrico (Figura 19).

Figura 19 - Indicativos de Poluição Ambiental a Montante do Ponto 03



A - Galeria de águas pluviais onde ressurge nascente canalizada no bairro Muchila, em cujas águas podem-se constatar a ocorrência de ligações clandestinas drenando os efluentes domésticos para as águas da bacia, destacado no quadro. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 07/11/2007.

B - No detalhe, presença de crosta formada por fezes proveniente de ligações de efluentes das residências no trecho canalizado do canal. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 07/11/2007.

Apesar de a ocupação urbana estar muito próxima das margens do canal, ainda existe a presença de vegetação (Figura 20), inclusive nas proximidades do ponto de coleta, onde há uma praça significativamente arborizada. Nesse ponto, a vertente do riacho é bastante inclinada e é comum a erosão das margens do mesmo em pontos onde não existe vegetação ciliar, o que acaba por assorear o canal, especialmente nos períodos de maior concentração de chuva.

Destacam-se, ainda, as águas fluviais bastante turvas e a quantidade significativa de lixo e de restos de material de construção, bem como o odor marcante proveniente das águas na área que, inclusive, foi uma das razões das freqüentes abordagens à equipe de coleta pela população residente na área.

Figura 20 - Local de Coleta do Ponto 03



Afloramento rochoso no leito do riacho onde se constata a presença de espumas – indicativo de presença de esgoto doméstico - e turbidez aparente da água. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

Uma das características mais marcantes no ponto 04 é a quantidade de restos de material de construção e de lixo às margens do canal que é muito elevada (Figura 21), além da grande quantidade de efluentes lançados através de tubulações clandestinas que saem diretamente das residências adjacentes.

Nesse ponto o odor também costuma ser forte, especialmente nas proximidades do residencial Vila das Flores, complexo com cinco torres residenciais localizado a aproximadamente 150 metros do ponto de coleta.

Outro aspecto importante é que o intenso fluxo de pedestres e a proximidade das residências das margens do riacho acabam contribuindo para o aumento da poluição, provocado pelo descarte de restos de alimentos e embalagens plásticas pelos transeuntes e/ou moradores.

Figura 21 - Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 04



A - Riacho com presença de vegetação ruderal nas margens com destaque, no quadro, de área a montante do ponto onde se verifica acúmulo de lixo, especialmente resíduos de construção. Essa característica permeou toda a etapa de observação realizada entre 2009 e 2011, demonstrando o estabelecimento de um padrão na área. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

B – Detalhe da foto A, comprovando a presença de lixo doméstico e resíduo de construção civil à montante do ponto de coleta. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 05 o acúmulo de lixo e restos de material de construção é muito elevado. Verificou-se em algumas visitas o lançamento de efluentes no riacho, canalizados pelas residências próximas ao ponto de coleta, além do forte odor causado por estes (Figura 22).

A presença de esgoto sendo drenado no solo a céu aberto é outro fator preocupante, pois durante as visitas de coleta e observação crianças circulavam pela área com os pés descalços, potencializando a exposição a doenças.

Figura 22 - Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 05



Proximidades do ponto de coleta 05, onde se constata presença de lixo lançado no riacho demonstrando a falta de cuidado da população residente com o entorno onde habita. A turbidez da água relaciona-se com a presença de tubulações clandestinas às margens do riacho, drenando os efluentes domésticos sem tratamento para as águas da bacia. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 06 é grande a quantidade de lixo e de entulho, além dos efluentes lançados diretamente pelas residências que estão junto à margem do riacho (Figura 23).

Em mais de uma oportunidade foi identificada a presença de ratos e outros animais mortos nas margens do riacho nesse trecho, bem como de ratos vivos, o que leva à possibilidade de contaminação por leptospirose, tendo em vista que, no período chuvoso ocorrem picos de enchente das águas do canal a partir desse ponto – chegando a invadir a ponte utilizada como passagem -, fato destacado pelos moradores do entorno que procuravam a equipe de coleta para compartilhar informações sobre a área.

Figura 23 - Condições estético-Sanitárias nas proximidades do Ponto 06



Proximidades do ponto de coleta 06, onde se pode visualizar a proximidade das residências às margens do riacho e a conseqüente presença de entulho nas águas da bacia, reflexo da falta de conscientização da população local. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 07, apesar da maior distância das construções em relação ao canal, identificou-se que não há diluição da poluição lançada a montante da bacia, bem como foram identificadas outras fontes de lançamento de efluentes diretamente no riacho, contribuindo para a alta turbidez aparente da água nesse ponto (Figura 24).

Além disso, o descarte de um volume significativo de lixo na área é favorecido pelo trânsito intenso de pedestres em uma das vias de acesso ao Conjunto Habitacional Feira X e pela presença de alguns estabelecimentos comerciais situados às margens do riacho nas proximidades desse ponto.

Figura 24 - Condições estético-sanitárias nas proximidades do Ponto 07



Constatação da presença de espuma e turbidez aparente nas proximidades do ponto 07, corroborando a suspeita de contaminação por efluentes domésticos também nesse trecho da bacia. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

O odor é uma das características mais marcantes no ponto 08 onde ocorre uma grande quantidade de lançamento de efluentes domésticos diretamente das tubulações clandestinas para o riacho (Figura 25).

Outro aspecto relevante é o acúmulo constante de lixo na calha do riacho, agravado pelo intenso fluxo de pedestres que circulam na área, além da própria população residente nas margens que lançam os resíduos sólidos nas margens, poluindo as águas fluviais.

Esse acúmulo de resíduos sólidos é mais um agravante da situação de degradação da bacia especialmente nos períodos de chuva, pois os mesmos são carregados pra dentro do canal.

Figura 25 - Condições estético-sanitárias nas proximidades do ponto 08



Presença de tubulações lançando efluentes sem tratamento no canal a jusante do ponto de coleta, bem como presença de entulho nas margens que acabam por assorear o leito do canal retificado. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 09 o odor causado pela presença de efluentes é forte, acentuado ainda pela existência de estabelecimentos que comercializam pescados oriundos do Rio Jacuípe. Nesse ponto há constantemente o preparo de camarão seco que é pescado no rio Jacuípe a apenas alguns metros a jusante da galeria onde a água apresenta um aspecto aparente bastante turvo e em diversos momentos há presença de espumas que é um indicativo da poluição por efluentes domésticos. Esses camarões são vendidos no próprio local e nas feiras realizadas do município (Figura 26).

Figura 26 - Casa de preparo de camarão localizada no entorno do ponto 09



A - Casa de preparo de camarão localizada às margens do ponto de coleta 09, onde se destaca a presença de forno utilizado para defumar o camarão. Nesse ponto, é constante a presença de galináceos que, inclusive, sobem nas bordas do forno e se alimentam do camarão. O quadro destaca material utilizado na pesca do crustáceo, apresentado em B. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 08/11/2010.

B - Garrafas plásticas utilizadas para a pesca do camarão que, ao serem descartadas pela população da comunidade, acabam por poluir as águas da bacia ao serem lançadas nas águas do entorno. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 08/11/2010.

As baronezas, garrafas plásticas e espuma presentes na água nesse trecho da bacia em períodos diferentes do ano, servem como indicativo do grau de poluição que se encontram as águas do riacho nesse ponto, bem como demonstram a falta de consciência da população residente com o seu entorno (Figura 27).

Por sua vez, a quantidade de espuma presente na água que, em determinados períodos chega a subir ao nível da estrada, formando uma cortina de aproximadamente 3 metros, tudo isso considerando que existe uma estação de tratamento dois quilômetros a montante desse ponto, dá a dimensão da falta de eficiência dos serviços de tratamento de água e esgoto no território da bacia Olhos D'Água.

Figura 27 - Indicadores de poluição das águas da Bacia Olhos D'Água no ponto

09



A - Presença de grande quantidade de garrafas plásticas, demonstrando lançamento de lixo doméstico nas águas da bacia. Parte dessas garrafas é, inclusive, proveniente da própria comunidade residente às margens do riacho. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 05/07/2010.

B - presença de volume significativo de espuma, indicativo de poluição por lançamento de efluentes de origem doméstica. Em determinados períodos, a cortina de espuma chega a atingir aproximadamente 3 metros de altura. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 09/11/2010.

Apesar de ser uma área não densamente urbanizada, a quantidade de lixo doméstico é considerável, oriunda de um pequeno aglomerado de residências localizadas entre a Rodovia BR 116 e o Rio Jacuípe, e dos veículos que trafegam na própria rodovia, além do que é trazido pelas águas da bacia.

Não bastassem as considerações acima, em diversos momentos ao longo do processo de coleta foi detectada a presença de carros-pipa abastecendo a comunidade que não dispõe de rede de abastecimento de água e esgoto (Figura 28). Interessante pontuar que os carros-pipa coletam a água no próprio rio Jacuípe, alguns metros à jusante do ponto onde está localizada a comunidade. É comum também naquela área o trânsito contínuo de diversos caminhões limpa-fossa identificados em muitas visitas à área.

Figura 28 - Abastecimento de água na comunidade Três Riachos



Presença de caminhão-pipa abastecendo a comunidade Três Riachos, nas proximidades dos pontos de coleta 09 e 10. Ressalta-se que a comunidade, além de não possuir rede de abastecimento de água, também não é servida por rede de esgotamento sanitário e os efluentes domésticos são lançados diretamente nas águas da bacia. Vale pontuar, ainda que os caminhões que abastecem a comunidade retiram a água do rio Jacuípe à jusante da área onde se localiza a comunidade. Fonte: A autora. Fotografia tirada em 22/02/2011.

No ponto 10, ponto final de drenagem das águas do riacho Olhos D'Água, a alta densidade de baronetas (Figura 29) presentes dá o indicativo do nível de poluição que se encontram essas águas que recebem parte dos efluentes domésticos lançados ao longo de toda a bacia como consequência do processo de urbanização, da deficiência no tratamento dos efluentes antes de serem lançados no riacho e da falta de consciência da população que se utiliza de ligações clandestinas contaminando a água da bacia.

Figura 29 - Presença de baronetas no rio Jacuípe



Margens do rio Jacuípe, exutório da bacia Olhos D'Água, onde pode ser constatada a presença de baronetas, considerado um indicador significativo da presença de poluição hídrica. Fonte: A autora. Foto tirada em 22/02/2011.

4.5 Discussão

A bacia Olhos D'Água pode ser claramente separada em dois trechos distintos, sendo o primeiro localizado na parte superior da bacia e caracterizado por baixa capacidade hidrográfica, elevada ocupação humana de seu entorno e elevado impacto ambiental, o que é reconhecido pelo registro visual (retirada de vegetação ciliar nativa, lançamento de resíduos sólidos nas margens e no canal e lançamento direto de efluentes domésticos sem tratamento nas águas), bem como por amostragem com análise quantitativa (indicadores físicos, químicos e biológicos – Capítulo 2). O segundo trecho, na baixa bacia apresenta aumento da capacidade hidrográfica, redução gradual da ocupação humana e coerente redução dos vetores de impacto ambiental – embora esses continuem a ser identificados em toda a extensão -, apesar de ainda apresentar indicadores físicos, químicos e biológicos característicos de ambientes perturbados, resultantes da intensa perturbação no

primeiro trecho e aparente incapacidade de recuperação natural desta perturbação ao longo do segundo trecho.

O processo de poluição do riacho Olhos D'Água, bem como dos outros dois riachos que são seus tributários, se inicia imediatamente após as nascentes, através de lançamento de efluentes, acúmulo de detritos sólidos e restos animais e vegetais.

Na área de estudo, pode-se perceber a disposição irregular dos efluentes ao longo de toda a bacia, pois a poluição de toda a rede de drenagem é evidente e mesmo a rede de captação de águas pluviais pode ser caracterizada como uma verdadeira cloaca para onde escoam um volume bastante significativo dos efluentes domésticos da região.

O problema de lançamento de efluentes nessa bacia urbana não é isolado, sendo registrado na maioria das cidades brasileiras (TOLEDO e NICOLELLA, 2002; LIMA et al., 2007; FREIRE et al.; 2009; HESPANHOL, 2009; NOGUEIRA NETO, 2009) e do mundo (AZEVEDO NETO, 1984; MALTA, 2001), mas podendo ser tratado de formas diversas (MARSALEK et al., 2005), cabendo tanto ao poder público quanto à iniciativa privada a deflagração do processo de análise dos problemas, determinação de soluções viáveis e busca de resultados, uma vez que se trata de esforço de longa duração e de alto investimento. O alvo é a recuperação parcial ou total após impactos ambientais, e a chance de sucesso independe da escala do problema, uma vez que temos como exemplo a recuperação do rio Tâmisa, em Londres, e do Rio Reno que atravessa vários países na Europa (SILVA e TELLES, s.d).

Nesse contexto, fica claro que, de acordo com o conceito de impacto ambiental referido na Resolução CONAMA 01/86 tem ocorrido na área de estudo, no mínimo, a alteração das condições estéticas e sanitárias do ambiente, o que por si só já pode ser caracterizado como impacto ambiental.

Uma vez que a bacia é considerada um sistema integrado a poluição de suas águas não se limita à sua área, mas compromete inclusive a região considerada como zona de descarga, o que, no caso da bacia em estudo se refere ao rio Jacuípe. Se considerarmos o enquadramento dos corpos hídricos normatizado pela Resolução CONAMA 357/2005, apesar de a água da bacia Olhos D'Água não ser utilizada diretamente pela população ao longo do seu curso, o uso das águas do rio Jacuípe a poucos metros da zona de descarga da bacia para atividades de pesca, captação de água, dessedentação de animais – que também ocorre na área da

bacia – permite classificar a bacia Olhos D'Água na classe 3, o que servirá como subsídio na determinação dos limites permitidos em se tratando dos parâmetros físico-químicos e biológicos mais adiante.

Com a maior parte de sua área localizada na porção urbana do município, a degradação da vegetação é outro ponto que chama a atenção, pois nas áreas em que os recursos vegetais não foram retirados para dar lugar às construções, a vegetação está alterada, somente abrigando espécies ruderais.

A pressão urbana caracterizada pela alta densidade de população residente no território da bacia é uma das principais responsáveis pela poluição dos recursos hídricos, tendo em vista que a ocupação desordenada e a falta de planejamento urbano e de eficiência na implantação da rede de esgotamento sanitário acabam por se traduzir em impactos diversos no ambiente.

Ressalta-se que a bacia Olhos D'Água se localiza em uma das áreas de povoamento mais antigas do município, tem importância histórica e, além disso, contribui como afluente do Rio Jacuípe cuja água é usada no abastecimento de Feira de Santana, Salvador e região metropolitana. Não se deve esquecer também que a bacia Olhos D'Água é apenas uma das muitas bacias que cortam a porção urbana do município, o que se significa que há um volume muito maior de lançamento de efluentes nos canais que banham o município do que o que foi mapeado nessa pesquisa e parte desses lançamentos tem como zona de descarga o rio Jacuípe.

Considerando o lançamento *in natura* de efluentes domésticos em toda a área da bacia, seja através de ligações diretas, seja pelo uso equivocado da rede pluvial como rede de esgotamento sanitário, é preocupante a constatação de que a pesca de camarões a poucos metros da área mapeada seja uma constante e que esse produto esteja sendo comercializado nas feiras do município.

A ausência de fiscalização é uma realidade no que se refere ao lançamento de efluentes na bacia Olhos D'Água, não sendo preciso muito esforço para detectar pontos de lançamentos irregulares ao longo de toda a bacia e o descarte da carga recolhida pelos caminhões limpa-fossa nas águas do rio Jacuípe.

Além disso, deve-se ressaltar a necessidade de planejamento e gestão utilizando a unidade bacia hidrográfica não apenas em escala macro, mas também aplicado às pequenas bacias urbanas tendo em vista que é nessas áreas que a pressão proporcionada pela urbanização intensa desencadeia grande parte dos

impactos ambientais que refletirão nas grandes bacias. Além disso, a gestão em áreas menores permite o desenvolvimento de ações mais concretas que, posteriormente, trarão rebatimentos positivos nas bacias maiores como a diminuição do aporte poluidor e essa é uma realidade que deve ser encarada pela sociedade, especialmente no contexto atual em que a sustentabilidade continua a ser amplamente discutida, mas carece de proposições e ações e mais efetivas, saindo do terreno da teoria para enriquecer a prática social.

4.6 Conclusão

A bacia Olhos D'Água apresenta elevados níveis de contaminação por lançamento de efluentes domésticos e outros materiais ao longo de toda a sua extensão. O elevado aporte de detritos nas águas da bacia se faz por via direta e através de galerias pluviais que têm sido utilizadas como canais de esgotamento sanitário de bairros com grande adensamento populacional.

A ausência de sistema de captação e tratamento de efluentes nos bairros incluídos na área da bacia Olhos D'Água colabora com a contaminação de suas águas, bem como contribui para a contaminação de seu exutório, a bacia do rio Jacuípe.

Essa condição se relaciona à histórica falta de planejamento no ordenamento do uso do solo e às conseqüências de um modelo de desenvolvimento que sempre priorizou o uso indiscriminado dos recursos naturais, associados à falta de fiscalização e de eficiência na implantação das redes de esgotamento sanitário

Os impactos diversos resultantes ainda não são compreendidos pela população, o que é corroborado pela observação de ligações irregulares, quer seja ao se utilizar de um recurso visivelmente contaminado para satisfação de necessidades básicas como a utilização de água e a alimentação.

Em face de tudo o que foi discutido nesse capítulo, faz-se necessário um aprofundamento no diagnóstico, monitoramento e mapeamento dos impactos decorrentes do lançamento de efluentes nos corpos hídricos no nível de pequenas bacias, especialmente no município de Feira de Santana que não dispõe de muitos estudos nessa escala.

Mais do que a diagnose e a gestão eficiente e eficaz dos recursos hídricos no município, esse capítulo deixa claro a deficiência das políticas de educação ambiental em Feira de Santana e a urgência em se formatar um projeto de educação que inclua o meio ambiente como pauta constante.

Apenas a consciência efetiva da importância dos sistemas naturais equilibrados para preservação da qualidade de vida humana é capaz de modificar, ainda que leve tempo, a situação de degradação das condições estético-sanitárias da bacia Olhos D'Água e, enquanto essa conscientização for "privilégio" de uma minoria, há uma tendência à desvalorização ambiental e conseqüente manutenção do atual nível de poluição na área da bacia, mantendo a sustentabilidade como um mito que habita apenas a esfera teórica da sociedade.

5. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NA DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA OLHOS D'ÁGUA

5.1 Introdução

A poluição dos corpos hídricos é uma realidade que acompanha as sociedades na dinâmica de formação de áreas urbanas, tendo em vista a concentração populacional típica do fenômeno de urbanização que acaba por gerar uma série de conseqüências desagradáveis, seja do ponto de vista da harmonia paisagística, seja no que se refere ao nível de poluição das águas urbanas que são incapazes de assimilar a intensa pressão a que são submetidas (SANTO, 2003; PINHEIRO, 2004; CONAMA, 2005).

Nesse sentido, avaliar o nível de degradação e a conseqüente qualidade das águas urbanas é um paradigma da atualidade, servindo ao objetivo de monitorar, analisar e propor alternativas para mitigar os impactos resultantes da poluição incessante desses ambientes (TOLEDO e NICOLELLA, 2002; LEITE, 2004).

A poluição da água pode ser entendida como a presença, liberação ou lançamento nos corpos hídricos de substâncias em quantidade concentração ou características que estejam em desacordo com padrões estabelecidos legalmente e que possam torná-lo impróprio às formas de vida existentes no meio hídrico ou afetar as atividades da população. Já a contaminação se relaciona à presença de organismos patogênicos e outras substâncias que constituam perigo para a saúde pública (BARD, 2002).

Nesse sentido, tanto a poluição quanto a contaminação se relacionam diretamente ao aumento da densidade populacional, especialmente no meio urbano, cuja concentração e volume de lançamento de efluentes na maioria das vezes atingem a capacidade suporte do meio hídrico que, a depender de suas características pode ou não passar por um processo de autodepuração. Além disso, o contato dos organismos com um meio contaminado pode ocasionar um processo de bioacumulação em que os seres vivos retêm dentro de si substâncias que vão se acumular também nos demais seres da cadeia alimentar (BRANCO, 1972; ABRAHÃO, 2006).

A criação de instrumentos legais que estabelecem limite aos níveis de poluição dos ambientes tem subsidiado os estudos ambientais e proporcionado a difusão de pesquisas que apontam níveis preocupantes de degradação da natureza em geral e dos corpos hídricos em particular. A Resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente é uma das mais importantes leis da atualidade, cujo objetivo é determinar os limites de poluição permitidos a cada classe de corpos hídricos, a partir dos usos a que esses se destinam.

Considerando a adequação dos usos múltiplos da bacia Olhos D'Água aos corpos hídricos de classe 3, de acordo com o que foi discutido anteriormente, esse capítulo tem como objetivo comparar os resultados das análises de parâmetros físico-químicos e biológicos a esses limites toleráveis contemplados na legislação, na perspectiva de avaliar o grau de poluição existente na bacia, uma vez que foi possível constatar a degradação do ambiente com base nas condições estéticas e sanitárias do mesmo.

O fundamento deste capítulo é permitir uma avaliação espacial da poluição da bacia a partir dos parâmetros físico-químicos e biológicos, cujos resultados reforçam a percepção de um nível avançado de degradação das condições ambientais ao longo de toda a área, com destaque para os pontos onde a infra-estrutura urbana é precária e onde há constatação de maior aporte poluidor através do lançamento de efluentes seja diretamente nos riachos que compõem a bacia, seja através das ligações das redes domésticas de lançamento de efluentes para as galerias de águas pluviais existentes na área.

Mais uma vez se confirma a percepção de que é no alto curso da bacia - onde se dá a maior densidade de ocupação do território - que se concentram os maiores valores de poluição, embora todo o curso da bacia Olhos D'Água apresente resultados insatisfatórios na qualidade de suas águas no que se refere aos parâmetros avaliados.

Comprova-se, ainda - especialmente no que se relaciona à presença e aos valores encontrados de coliformes totais e fecais - a questão preocupante associada ao consumo da água e dos pescados oriundos do rio Jacuípe, imediatamente após a foz da bacia, favorecendo a disseminação de doenças de veiculação hídrica e transformando a falta de planejamento e manejo da bacia em uma questão de saúde pública, além do componente de degradação ambiental já estabelecido.

5.2 Materiais e Métodos

5.2.1 Coleta, armazenamento e transporte das amostras

Os pontos amostrais ao longo da bacia Olhos D'Água foram descritos no Capítulo anterior. As coletas de amostras de água foram realizadas no período compreendido entre março de 2010 e fevereiro de 2011, sempre no início da manhã, sendo coletada uma amostra por ponto em cada um dos doze meses, caracterizando uma dinâmica de frequência mensal.

A temperatura das amostras foi medida no campo, inserindo-se um termômetro na mesma até a estabilização da temperatura. A leitura foi feita ainda com o bulbo do termômetro dentro da amostra.

Para as análises biológicas foram utilizados coletores de vidro com capacidade de 100 ml, devidamente esterilizados. As amostras para as análises físico-químicas foram acondicionadas em garrafas de polietileno com capacidade de 2 litros.

As amostras para determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) foram coletadas em frascos de vidro próprios, onde foram adicionados 2 ml de sulfato manganoso e 2 ml de iodeto de azida, nessa ordem. Logo após, eram tampados para impedir a entrada de ar e se procedia à homogeneização.

Todas as amostras foram identificadas, depositadas em caixas de isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento do Departamento de Tecnologia da Universidade Estadual de Feira de Santana para que fossem realizadas as análises.

5.2.2 Análises laboratoriais

Todos os procedimentos foram realizados de acordo com o estabelecido no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20ª edição (AWWA/APHA/WEF, 1998).

Os parâmetros físico-químicos e biológicos analisados (Tabela 02) estão contidos em uma lista de mais de 70 parâmetros de qualidade da água,

estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 do Ministério do Meio Ambiente e foram selecionados por serem variáveis comumente analisadas.

Tabela 02 - Definição dos Parâmetros analisados para determinação da qualidade de água ao longo da bacia Olhos D'Água.

Parâmetro	Definição
Temperatura	Pode influir no retardamento ou aceleração da atividade biológica, na absorção de oxigênio e precipitação de compostos. A elevação desse parâmetro pode gerar perda de gases que gera odores e desequilíbrio ecológico (VON SPERLING, 1996).
p.H.	O pH é uma medida da intensidade do caráter ácido de uma solução numa escala de entre 0 e 14 que indica se o meio é ácido, básico ou neutro, quando o pH for menor, maior ou igual a 7, respectivamente. O pH é uma propriedade expressa unidimensionalmente, ou seja, sem unidade (PINTO, 2007).
Cor	Resulta da existência de substâncias em solução provenientes dos processos de decomposição que ocorrem no corpo hídrico. Pode estar associada ainda à presença de íons metálicos como ferro e manganês, plâncton e macrófitas (ABRAHÃO, 2006).
Turbidez	Representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água, dando à mesma uma aparência turva (VON SPERLING, 1996).
Oxigênio Dissolvido (OD)	A concentração de O.D. nos cursos d'água depende da temperatura, da pressão atmosférica, da salinidade, das atividades biológicas, de características hidráulicas (existência de corredeiras ou cachoeiras) e, de forma indireta, de interferências antrópicas, como lançamento de efluentes nos cursos d'água (PINTO, 2007). Usado como um dos principais indicadores de qualidade da água para corpos hídricos, representando as condições para sobrevivência e até mesmo influenciando diretamente a distribuição espacial das espécies no ambiente (LEITE, 2004).
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Potencial ou capacidade que possui uma determinada massa orgânica de 'roubar' o oxigênio dissolvido nas águas de um rio, lago ou oceano (BRANCO, 1972). Indicador indireto de matéria orgânica biodegradável, determinado pela quantidade de oxigênio necessária para que os microorganismos estabilizem a matéria orgânica presente (LEITE, 2004).
Condutividade	Condutividade elétrica é uma medida da habilidade de uma solução aquosa de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons (PINTO, 2007).
Sólidos Dissolvidos Totais	Todas as partículas, com exceção dos gases dissolvidos, presentes nos corpos d'água, podendo ser classificados de acordo com o tamanho e as características químicas (ABRAHÃO, 2006).

Fonte: BRANCO, 1972; VON SPERLING, 1996; LEITE, 2004; ABRAHÃO, 2006; PINTO, 2007;.

5.2.2.1 Análises biológicas

As análises, realizadas no intervalo de 24 horas após as coletas, foram realizadas através do método do substrato cromogênico – Colilert em que é adicionado à amostra ou diluição - em 15 tubos, sendo três séries de 5 tubos - solução de Colilert em água destilada, incubada em estufa bacteriológica durante 24

horas. A cor amarela é indicativa de presença de coliformes totais e, ao se submeter os tubos de ensaio a uma lâmpada ultravioleta, caso haja fluorescência azul é comprovada a presença de *Escherichia coli* na amostra, ou seja, coliformes fecais. Caso o tubo permaneça transparente, o resultado é negativo tanto para coliformes totais quanto para coliformes fecais. Os resultados foram expressos de acordo com a tabela NMP (número mais provável em 100 ml de água).

5.2.2.2 Análises físico-químicas

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de um pHmetro de bancada calibrado com soluções tampões de pH 4,1 e 6,86 antes da leitura das amostras.

A quantidade de oxigênio dissolvido foi determinada a partir do método Winkler, com o qual se mede a concentração por titulação direta das amostras preconizada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20ª edição (AWWA/APHA/WEF, 1998).

Os demais métodos e equipamentos estão descritos na Tabela 03.

Tabela 03 - Metodologia Analítica, Equipamentos e Normas utilizadas para determinação dos parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água da bacia Olhos D'Água

Parâmetro	Unidade	Metodologia Analítica	Equipamentos	Normas
pH	-	Eletrométrico	pHmetro de bancada-Quimis	NBR 14339/1999
Cor	uH	Colorimétrico	Colorímetros visual DLNH - 100 Del Lab	NBR 13798/1997
Turbidez	uT	Turbidimétrico	Turbidímetro Digilab	MB 3227/1990
Oxigênio Dissolvido	MG/L O ₂	Winkler	-	NBR 10599/1988
DBO	mg/L O ₂	Respirométrico	Estufa D.B.O. OXITOP BOX	Standard Methods – 20ª ed
Condutividade Elétrica	µS/cm	Condutivímetro	Condutivímetro C - 701 Analion	NBR 14340/1999
Sólidos Totais	mg/L	Gravimétrico	-	NBR 10644/1989
Coliformes Totais e Fecais	NPM/100 ml	Substrato Cromogênico - Colilert	Estufa de cultura Modelo 002 CB Fanem LTDA	Standard Methods – 20ª ed

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.3 Análise dos dados

Os resultados das análises de laboratório das amostras de água coletadas foram comparados com os valores máximos e/ou mínimos permitidos pela legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005, do Ministério do Meio Ambiente). Para visualização da variação espacial dos dados e indicação dos limites estabelecidos pela legislação foram utilizados gráficos de caixa (box-plots).

Além disso, foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA) para identificação dos principais determinantes de variação dos dados e relacionar as variáveis através da composição de eixos.

5.3 Resultados

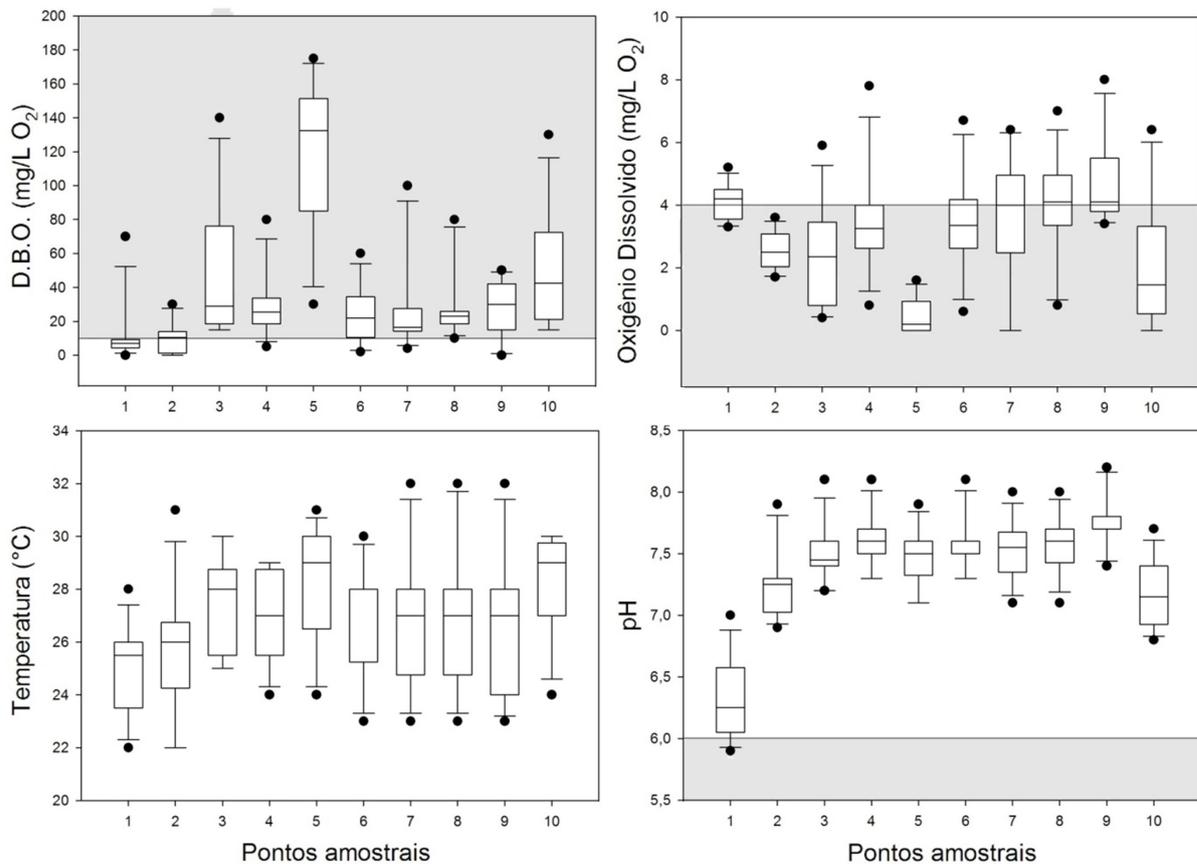
Como pontuado no capítulo anterior, a bacia Olhos D'Água pode ser enquadrada na classe 3 em função dos usos múltiplos aos quais suas águas estão submetidas na área da bacia e imediatamente após a confluência com o rio Jacuípe.

Nesse sentido, ao se comparar os resultados das amostras com os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 no que se referem à Demanda Bioquímica de Oxigênio (Figura 30), cujo aumento está relacionado ao aumento no aporte da carga orgânica recebido pelo corpo hídrico, vemos que os menores valores foram encontrados nos dois primeiros pontos que são áreas de nascente e há uma grande oscilação desses valores ao longo da bacia.

Apenas no ponto 01 a mediana está dentro do limite permitido pela legislação, embora tenham sido encontrados valores extremos em torno de 50 mg/l O₂, ao passo que no segundo ponto a mediana está exatamente dentro do limite permitido, mas também nesse ponto os valores extremos atingem o dobro desse valor.

Destaca-se um aumento significativo nos valores de D.B.O. no ponto 03, imediatamente após a área de reaparecimento da nascente na galeria de águas pluviais. Após esse ponto, há uma diminuição nos valores no ponto 04, apesar de ter sido identificado outros lançamentos, o que pode ser explicado por um aumento significativo no volume de água nessa área.

**Figura 30 - Variação dos valores de variáveis físico-químicas dos pontos amostrais:
Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Temperatura e p.H.**



Na representação do Box-plot, o intervalo dos quartis 25 a 75% são representados pela caixa e as medianas pela linha que divide a mesma; os limites dos quartis 10 e 90% são representados pelas barras e os pontos indicam outliers. A linha horizontal que corta o gráfico indica o limite tolerável (faixa branca) estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 – quando este existe - para a classe 3: D.B.O.: valor máximo; O.D.: valor mínimo; pH: limite inferior da faixa de 6 a 9. Faixa cinza: valores acima ou abaixo do limite permitido. Fonte: Elaborado pela autora.

É no ponto 05 que se apresentam os maiores valores do parâmetro D.B.O. ao longo de toda a bacia, possivelmente explicada pela deficiência em termos de estrutura urbana e ausência de esgotamento sanitário que culmina no elevado volume de efluentes lançados no riacho pelas tubulações que saem das residências. Nesse ponto destaca-se que todos os valores estão muito acima dos valores permitidos pela legislação e a mediana atinge um valor acima de 130 mg/l O₂.

Após o ponto 05 há uma diminuição nos valores do parâmetro, cujas medianas variam entre 12 e 25 mg/l O₂ nas proximidades da área de confluência entre os riachos Muchila e Olhos D'Água. Os valores voltam a aumentar nos pontos 09 e 10, próximo à comunidade Três Riachos e na foz da bacia onde se destaca a presença de plantas macrófitas do gênero *Eichhornia*, popularmente conhecidas

como baronezas. Destaca-se que a presença de baronezas na área de estudo só está presente nos pontos 09 e 10, o que possivelmente pode ser explicado pela retificação do canal em diversos pontos e a degradação constante causada pelo acúmulo de lixo e entulho nas margens dos riachos.

Na área de estudo os maiores níveis de oxigênio dissolvido se encontram no ponto 01, 08 e 09, sendo que o primeiro é uma nascente que, por estar canalizada ainda não recebe aporte de matéria orgânica de efluentes domésticos já que a água foi coletada diretamente do cano. No ponto 08 a água é coletada antes de receber os efluentes lançados pelos canos das residências às margens do canal retificado e no ponto 09, em razão da dificuldade no acesso à água, a mesma é coletada no processo de queda, recebendo influência do desnível na oxigenação. Ainda assim, nesses pontos, a mediana está apenas um pouco acima do limite mínimo disposto na legislação.

Os menores níveis de O.D. se encontram nos pontos 03 e 05 e 10 o que comprova a correlação existente entre aumento de nutrientes, aumento da D.B.O. e diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido através do consumo por bactérias decompositoras (Figura 30). Assim como ocorre com a D.B.O. é no ponto 05 que se encontram os níveis mais críticos de poluição das águas da bacia de acordo com o que foi discutido no capítulo anterior.

A temperatura pode ser considerada também um fator de correlação da poluição, na medida em que influencia os valores de oxigênio dissolvido. Branco (1972) discutiu a influência da temperatura como fator importante do ponto de vista ecológico, pois ao haver um aumento de temperatura há uma queda nos níveis de O.D., o que pode ter conseqüências diversas para os organismos aquáticos.

Na área de estudo não foram identificadas grandes oscilações nas medianas de temperatura (Figura 30), mas há fraca correlação negativa significativa ($R=-0,3935$; $p<0,0001$) entre temperatura e O.D..

Quanto aos valores de pH, em todos os pontos os valores estão dentro do padrão estabelecido pela legislação, considerado ideal no intervalo de 6 a 9, mas apenas no ponto 10 a mediana gira em torno do valor de neutralidade considerado como 6,9 (Figura 30).

As medianas do parâmetro turbidez ao longo de toda a pesquisa se apresentaram dentro do padrão em todos os pontos (Figura 31). Destaca-se apenas o ponto 05 com os maiores valores, incluindo valores máximos acima do limite

permitido para corpos d'água da classe 3 – o parâmetro atingiu 169 uT no mês de outubro, o que pode ser explicado pelas características do entorno do ponto de coleta, onde há grande quantidade de tubulações clandestinas, além de ausência quase total de vegetação ciliar

No ponto 08 foi alcançado o valor máximo de 584 uT no mês de abril, possivelmente explicado pela remoção total da vegetação nesse ponto para a retificação do canal, e o constante aporte de sedimentos na calha do riacho que se acumulam nas bordas e precisam ser retirado periodicamente pela prefeitura para evitar inundação nas residências localizadas na margem.

Já no ponto 10 a presença de um número muito elevado de macrófitas, matéria orgânica e material em suspensão influenciou nos valores de turbidez especialmente em função da dificuldade durante o procedimento de coleta.

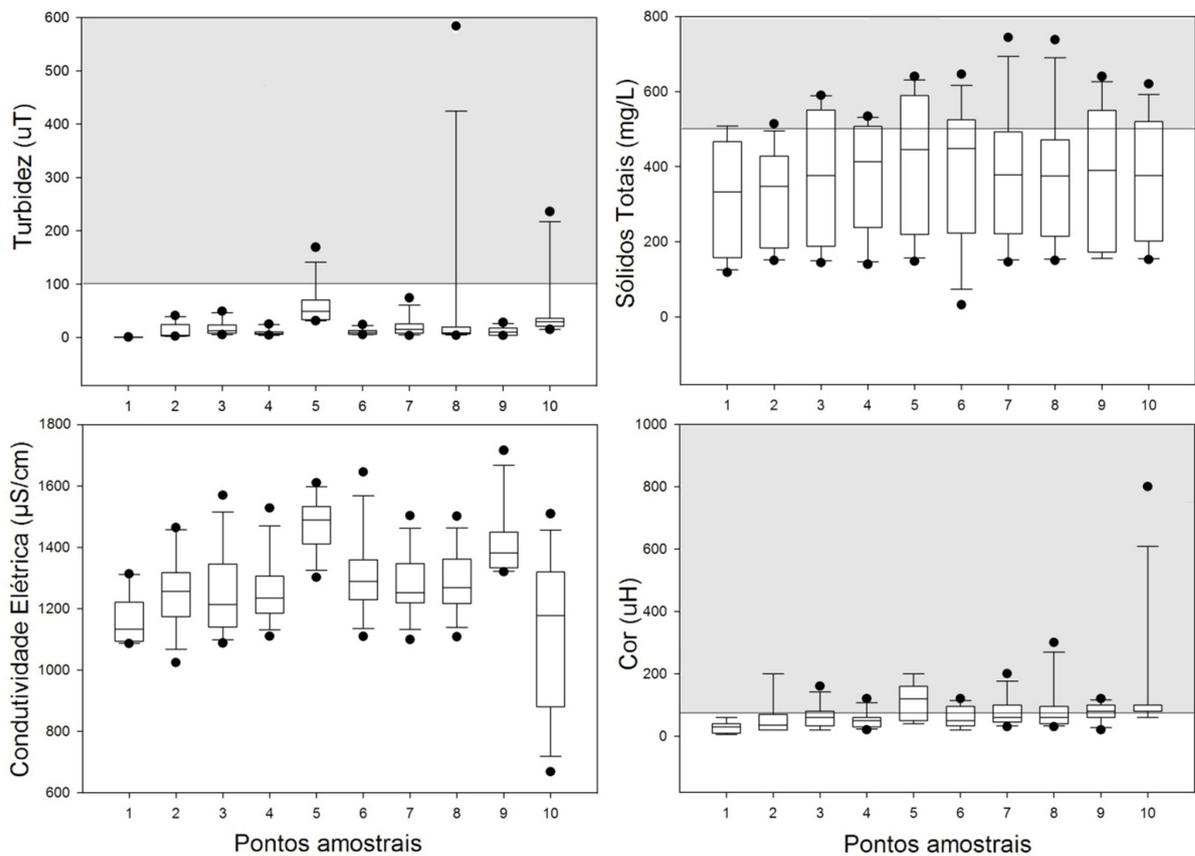
Como pontuado anteriormente, a remoção da vegetação afeta a turbidez e conseqüentemente, o aporte de sedimentos nas águas da bacia. Além disso, afeta de maneira direta os valores de sólidos dissolvidos totais.

Na bacia Olhos D'Água todos os valores de mediana do parâmetro sólidos totais estão em conformidade com a legislação. Os maiores valores foram encontrados nos pontos 07 e 08, sendo que no ponto 07, apesar de haver ainda uma quantidade significativa de vegetação ciliar, essa é degradada pela presença constante de crianças e adolescentes brincando às margens do riacho em função da proximidade de um campo de futebol. Além disso, como foi pontuado anteriormente, há o lançamento de efluentes de alguns pequenos empreendimentos comerciais próximo ao ponto de coleta.

No ponto 08, a retirada de vegetação e a retificação do canal podem explicar os altos valores extremos de sólidos dissolvidos totais, valores que chegam à ordem de 738 mg/l (Figura 31).

A condutividade elétrica é um dos parâmetros indicadores de matéria orgânica na água, tendo em vista que a matéria orgânica incorpora sais à água e esses a tornam eletricamente carregada (GOMES, 2009). Nesse sentido a quantidade e a qualidade dos efluentes fazem variar a condutividade, aumentando o volume de sais dissolvidos na água, sendo também considerado um fator limitante para o desenvolvimento de algumas espécies de organismos aquáticos.

Figura 31 - Variação dos valores de variáveis físico-químicas dos pontos amostrais: Turbidez, Sólidos Dissolvidos Totais, Condutividade Elétrica e Cor.



Na representação do Box-plot, o intervalo dos quartis 25 a 75% são representados pela caixa e as medianas pela linha que divide a mesma; os limites dos quartis 10 e 90% são representados pelas barras e os pontos indicam outliers. A linha horizontal que corta o gráfico indica o limite tolerável estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 – quando este existe - para a classe 3: Turbidez, SDT e Cor: valor máximo; Condutividade Elétrica: não há limite. Faixa cinza: valores acima ou abaixo do limite permitido. Fonte: Elaborado pela autora.

A legislação não determina um limite para a condutividade elétrica, porém, pela importância desse parâmetro no equilíbrio dos ecossistemas realizou-se a análise da distribuição espacial da condutividade na bacia Olhos D'Água.

Os maiores valores de mediana se encontram no ponto 05 e no ponto 09, respectivamente. Porém, os valores extremos do ponto 09 são superiores aos do ponto 05.

Ressalta-se ainda que tanto o pH quanto a temperatura, além do regime de chuvas e da geologia, podem influenciar nos valores de condutividade, porém, ao analisar os gráficos desses dados não foi encontrada uma correlação significativa entre esses parâmetros e os pontos amostrados. Pode-se pressupor, então, que o principal fator contribuinte para os valores de condutividade elétrica se relaciona ao

aporte de matéria orgânica e a carga orgânica pode interferir na condutividade já que existem diversas substâncias orgânicas ionizáveis (ESTEVES, 1988).

Os processos de decomposição da matéria orgânica, a presença de íons de ferro e manganês, por exemplo, e a presença de macrófitas são alguns dos que podem ser elencados como responsáveis pela presença de substâncias em suspensão presentes na água. A cor associada à turbidez é responsável por dificultar a passagem de luz e interferir no processo de fotossíntese, o que ocasiona redução nos índices de oxigênio (ESTEVES, 1988; ANJOS, 2003; FIDELMAN, 2005).

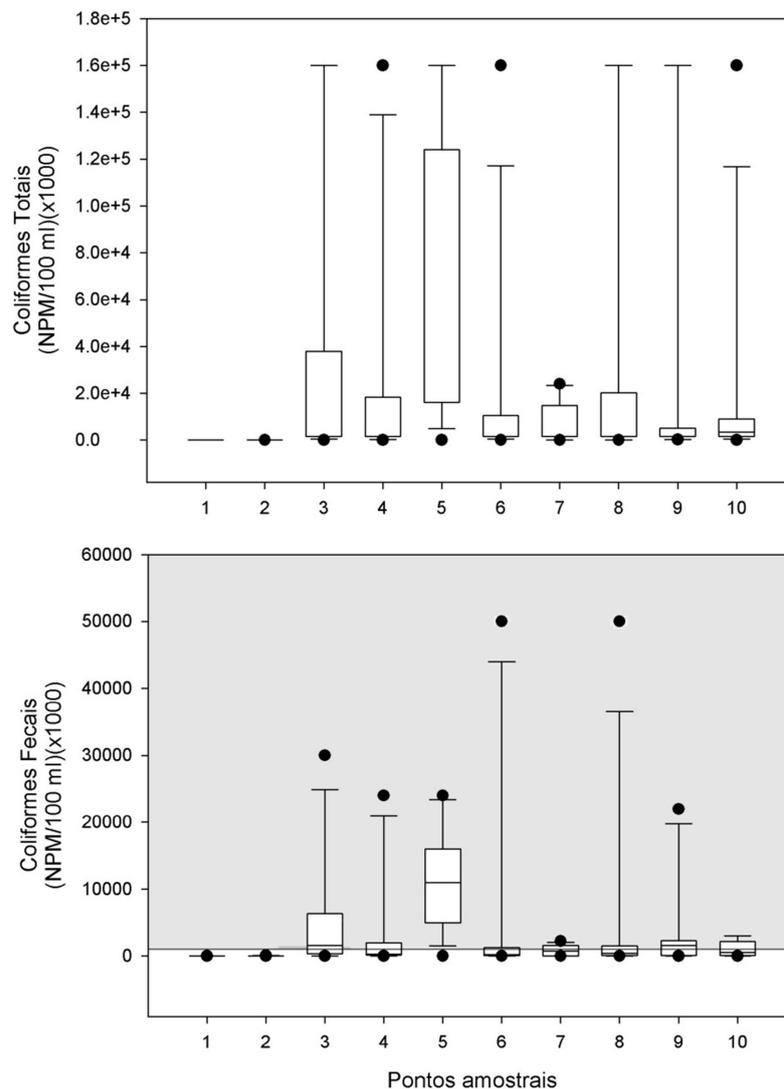
De acordo com o padrão CONAMA o limite da cor é de 75 uH e na bacia Olhos D'Água esse valor só é ultrapassado nos valores de mediana dos pontos 05, 09 e 10 (Figura 31). Os extremos são alcançados nos pontos 08 e 10, sendo que no ponto 08 o aporte de sedimentos no canal retificado pode ser considerado o responsável pelo aumento nos valores enquanto que no último ponto a presença de uma quantidade elevadíssima de macrófitas no mês de outubro é a responsável por essa variação tanto no parâmetro cor, como no parâmetro turbidez.

Em relação aos parâmetros biológicos - coliformes totais e coliformes fecais - constata-se que apenas os pontos 01 e 02 apresentam todos os valores dentro do limite permitido pela legislação para a classe de uso 3 (Figura 32). Na área de estudo as maiores medianas se concentram nos pontos 03 e 05, sendo que no ponto 05 esses valores chegam a aproximadamente 24 milhões de bactérias em 100 ml de amostra. Vale ressaltar ainda os pontos extremos atingidos pelo parâmetro nos pontos 06 e 08 que compreendem um número mais provável de 50 milhões de bactérias, embora esses valores tenham sido um fenômeno isolado nesses pontos, identificados apenas no mês de abril, o que pode indicar a ocorrência alterações locais no momento da coleta.

Os dois pontos mais complicados estão associados justamente às áreas onde se observou os piores índices de qualidade aparente da água na bacia (Figura 32). Nesses pontos se destacam os fortes odores, a cor mais turva e a presença de fezes na água, seja pelos efluentes lançados na galeria pluvial identificados no ponto 03 - o que sugere que existam ligações drenando o esgoto das residências na galeria pluvial como se esta fosse uma galeria de esgoto – seja pelas tubulações que saem das residências localizadas às margens do riacho no ponto 05.

Destaca-se também os pontos 09 e 10 que correspondem à área próxima à confluência da bacia Olhos D'Água com o rio Jacuípe e, apesar de no ponto 10 a mediana estar dentro do limite permitido, os valores brutos encontrados atingem picos em determinados momentos um Número Mais Provável entre um milhão e setecentos e 2 milhões de bactérias.

Figura 32 - Variação dos valores de variáveis biológicas dos pontos amostrais



Na representação do Box-plot, o intervalo dos quartis 25 a 75% são representados pela caixa e as medianas pela linha que divide a mesma; os limites dos quartis 10 e 90% são representados pelas barras e os pontos indicam outliers. A linha horizontal que corta o gráfico indica o limite tolerável (faixa branca) estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para a classe 3 para Coliformes fecais. Faixa cinza: valores acima ou abaixo do limite permitido. Destaca-se que todos os valores para Coliformes totais estão acima do limite permitido (1000 NPM/100 ml). Fonte: Elaborado pela autora.

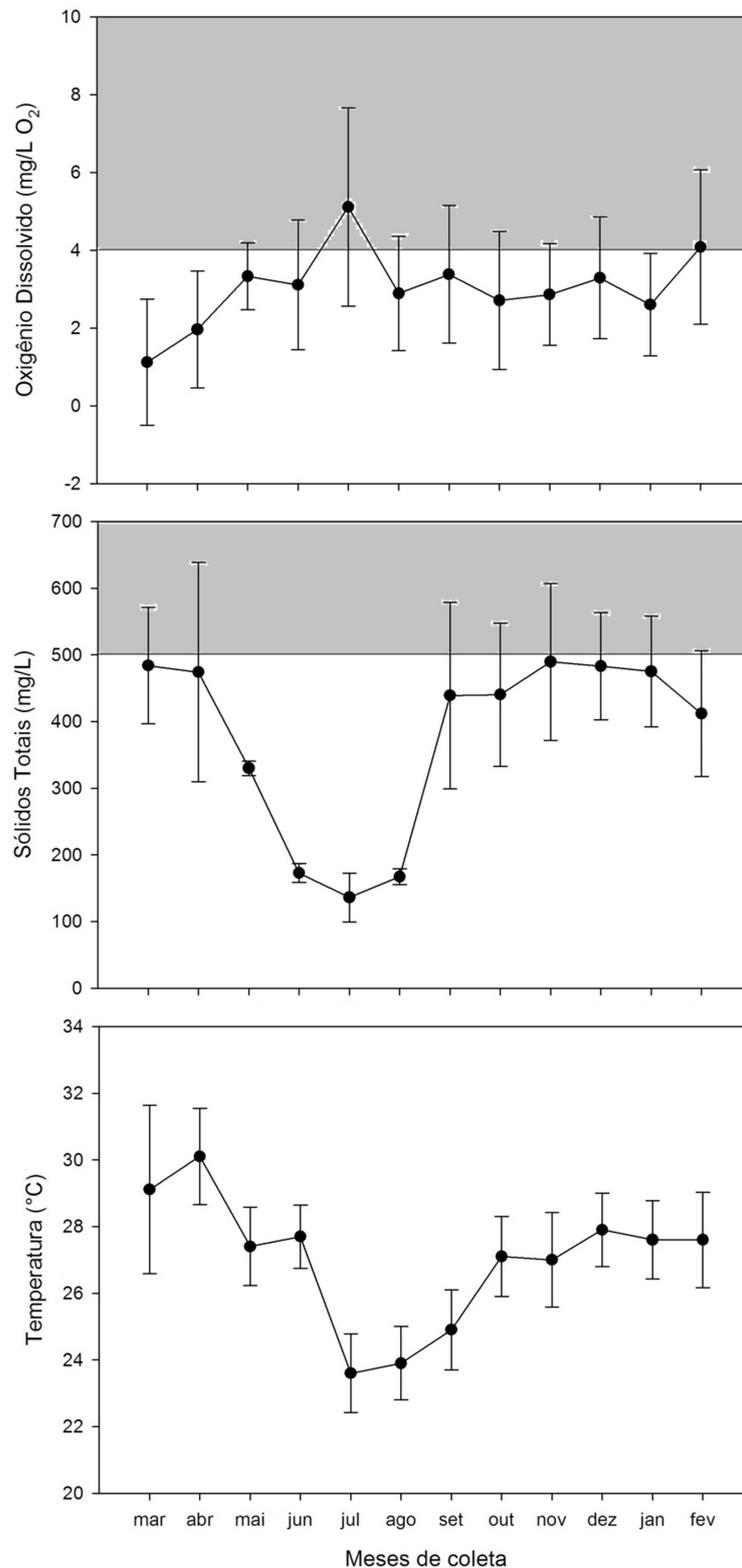
Não houve padrão temporal de variação para a maioria dos parâmetros, com exceção de O.D., Sólidos Dissolvidos Totais e Temperatura (Figura 33). O efeito temporal, eventualmente associado à pluviosidade variável entre verão (seco) e inverno (chuvoso) não foi significativo, mas foi assim mesmo testado através da Análise de Componentes Principais (PCA).

Nessa análise, realizada para determinar a influência de cada variável sobre a variação total dos dados de qualidade de água, foram considerados os parâmetros pH, Cor, Turbidez, O.D., D.B.O., Condutividade, Sólidos Dissolvidos Totais e Pluviosidade acumulada de 3 dias (sendo considerados os dias de coleta e os dois dias antecedentes aos mesmos).

Os três primeiros Eixos Principais explicam juntos 76,8% da variação dos dados (tabela 04) sendo que no primeiro eixo as variáveis mais importantes são O.D., D.B.O. e Condutividade, sendo O.D. e D.B.O. importantes em sentidos opostos, como esperado, uma vez que estão inversamente relacionados. No segundo eixo as variáveis Pluviosidade, Sólidos Dissolvidos e Cor foram mais importantes. Igualmente as variáveis Sólidos Dissolvidos e Pluviosidade estão com influências opostas, o que é de se esperar em decorrência do efeito de maior diluição dos sólidos em períodos mais chuvosos.

Apesar do bom nível de variação explicado e da complementaridade de efeitos das variáveis em cada eixo, a dispersão dos pontos amostrais no gráfico gerado pelos autovetores do PCA não permite a identificação clara de nenhum padrão, a não ser a concentração dos pontos correspondentes ao Ponto 01 à esquerda (coerente com os altos valores de O.D.) e os pontos correspondentes ao ponto 05 à direita (altos valores de D.B.O.) (Figura 34).

Figura 33 – Variação temporal dos parâmetros Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais e Temperatura



Na representação do gráfico, as medianas são representadas pelos pontos; as barras representam o Intervalo de Confiança (a 95%). A linha horizontal que corta o gráfico indica o limite tolerável (faixa branca) estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 – quando este existe - para a classe 3: Sólidos Dissolvidos Totais: valor máximo; O.D.: valor mínimo. Faixa cinza: valores acima ou abaixo do limite permitido. Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 04 - Análise dos Componentes Principais: Coeficientes das combinações lineares das variáveis

Variável	CP1 (39,6%)	CP2 (20,8%)	CP3 (16,4%)
pH	-0,082	0,176	-0,725
Cor	-0,357	-0,495	-0,027
Turbidez	-0,495	-0,247	0,060
O.D.	0,432	-0,103	-0,344
D.B.O.	-0,516	0,008	0,043
Condutividade	-0,296	0,081	-0,548
Sólidos Dissolvidos	-0,246	0,512	-0,002
Pluviosidade (3 dias)	0,139	-0,619	-0,223

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 34 – Distribuição dos pontos de coleta nos dois primeiros Componentes Principais

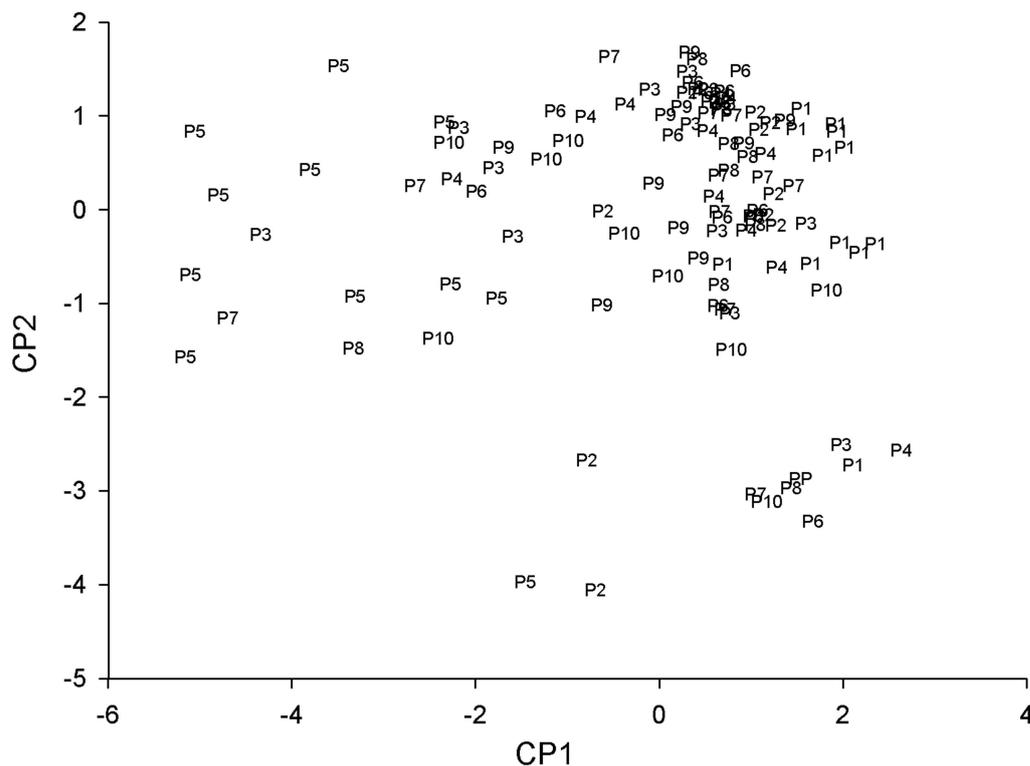


Gráfico dos escores dos pontos amostrais de acordo com os dois primeiros eixos (CP1 e CP2) gerados pelo PCA. Dispersão dos pontos amostrais não permite a identificação clara de nenhum padrão, a não ser a concentração dos pontos correspondentes ao Ponto 01 à esquerda (coerente com os altos valores de O.D.) e os pontos correspondentes ao ponto 05 à direita (altos valores de D.B.O.). Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 Discussão

Quase todos os parâmetros físico-químicos bem como biológicos são consistentes com um padrão precoce de poluição por efluentes sanitários, iniciada imediatamente após os pontos de nascentes ou minadouros. Os pontos mais marcantes de poluição (com valores muito elevados de D.B.O., turbidez e coliformes totais e valores muito baixos de O.D.) são aqueles relacionados a áreas de intensa ocupação humana de forma desordenada, sem infra-estrutura mínima de coleta de esgoto e aparentemente sem planejamento de fossas sépticas, o que determina o lançamento direto de resíduos no canal do riacho.

Os valores muito elevados no ponto 09, imediatamente antes do exutório, apresenta-se como um ponto crítico, que caracteriza efetivamente a qualidade das águas a serem lançadas no rio Jacuípe. A presença marcante de espécies vegetais flutuantes (*Eichhornia* e *Pistia*), nos pontos 09 e 10, que são correlacionadas em muitos estudos como indicadoras de poluição e como uma das principais variáveis responsáveis pelo aumento na demanda e redução do oxigênio dissolvido na água (ANJOS, 2003; FIGUEREDO, 2008; FIDELMAN, 2005) são fortes indicações de poluição orgânica.

O aporte constante de efluentes sem tratamento em meio limitado como um riacho é uma das causas do processo de eutrofização que se caracteriza como um desequilíbrio na quantidade de fósforo e nitrogênio, possibilitando um aumento na população de plantas aquáticas e, conseqüentemente, redução nos níveis de oxigênio dissolvido (BRANCO, 1972). A influência das macrófitas no aumento da D.B.O. em função da introdução de nutrientes possui relação direta com a diminuição do oxigênio dissolvido na água. De acordo com Von Sperling (1996) a conseqüência mais nociva em termos ecológicos no que se refere à poluição por matéria orgânica se caracteriza pela redução nos níveis de O.D.

No que se refere à condutividade, na Bacia Olhos D'Água, os valores variam entre 668 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1716 $\mu\text{S}/\text{cm}$, não havendo correlação aparente com os períodos de seca ou chuva. Figueiredo (2006) em estudos realizados na bacia do rio Colônia encontrou valores de condutividade com variações médias de até 3145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em determinados pontos. Para Valença (2003), os elevados valores encontrados de condutividade elétrica, face aos fenômenos naturais e acrescidos pelos lançamentos

de dejetos domésticos, contendo sais e detergentes tornam as águas do rio Salgado impróprias para o consumo humano sem tratamento prévio adequado. Souza (2006) encontrou valores que variavam entre 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de cheia e 158 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de seca.

De acordo com Esteves (1998) os valores de condutividade nos ambientes aquáticos em regiões tropicais costumam estar mais relacionados com as características geoquímicas da região onde se localizam e com as condições climáticas (seca e chuva). Na Bacia Olhos D'Água, não foram encontrados dados que corroborem a afirmação sobre as condições climáticas, tendo em vista não ter havido variação sazonal nos dados.

No que se refere aos resultados do parâmetro coliformes fecais – representados principalmente pela bactéria *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal e raramente encontrada em água ou solo que não tenha recebido contaminação fecal, esse é considerado um dos indicadores microbiológicos para detecção de contaminação da água utilizado em todo o mundo, uma vez que está presente em grande quantidade de animais de sangue quente e também nos intestinos dos seres humanos. A presença de coliformes fecais é ainda um indicador de risco de potenciais doenças de veiculação hídrica causada por organismos patogênicos como febre tifóide, disenteria bacilar e cólera, por exemplo. Calcula-se que a densidade de coliformes fecais é geralmente superior a 90% dos coliformes totais encontrados em corpos hídricos onde há despejo de efluentes domésticos. Já em águas com um bom nível de conservação ambiental, esse número gira em torno de 10 a 30% apenas (CETESB, 2005).

Ressalta-se ainda que, apesar de não ter longa sobrevivência nem se reproduzir em meio hídrico e a grande maioria das bactérias do grupo coliformes presentes nos corpos d' água não serem patogênicas - mas sim bactérias que vivem normalmente nos intestinos e auxiliam no metabolismo - sua presença na água indica obrigatoriamente a presença de efluentes e, conseqüentemente, de fezes. Esta, por sua vez, significa a possibilidade de ocorrência de organismos patogênicos, uma vez que pode haver pessoas doentes ou portadoras de doenças em meio à população que originou os efluentes (Machado et al., 2005).

Na área da pesquisa, tendo sido considerada a classificação da bacia como enquadrada na classe 3 conforme a resolução 357/2005 do CONAMA e, considerando que o limite permitido não pode exceder um número mais provável

(NMP) de bactérias de 1000 em 100 ml de amostra tendo como referência o uso da água para dessedentação de animais - em caso de outros usos o limite é de 4000NMP/100ml - e ainda que não deve ser excedido em mais de 80% de pelo menos seis amostras em um período de um ano, os resultados se mostram preocupantes, especialmente em se tratando das atividades de pesca e abastecimento próximos à zona de descarga da bacia, além do contato primário pelos moradores do entorno.

Ressalta-se que, apesar de a pesquisa não ter considerado os dados sobre a rede de esgoto na área de estudo, há comprovação de lançamentos clandestinos ao longo de toda a bacia e esses lançamentos interferem sobremaneira nos resultados dos parâmetros coliformes fecais.

Vale lembrar que o ponto 10 está há aproximadamente 500 metros de distância da área onde é feita a pesca de camarões pela população da comunidade Três Riachos.

Português e Silva (2009) em pesquisa que avaliava a qualidade da água no Rio Acre/AC encontraram valores de coliformes termotolerantes em torno de 1600 NMP/100ml. Buzanello et al. (2008) em pesquisa similar no lago municipal de Cascavel/PR encontraram valores acima de 1000 NMP/100ml em 31,25% das amostras coletadas. Rego et al. (2010) avaliando a concentração espaço-temporal de coliformes termotolerantes na Lagoa Encantada, município de Ilhéus/BA durante o ano de 2004 e comparando os valores encontrados à resolução CONAMA 357/2005 para águas da classe 3, identificaram concentração acima da legislação apenas em um mês.

Diante desses estudos, a concentração de bactérias do grupo coliformes na bacia Olhos D'Água e na sua foz, no rio Jacuípe é bastante preocupante, especialmente em razão dos altíssimos níveis encontrados, que podem estar causando, além de poluição, a contaminação da água.

Para a manutenção da qualidade do rio Jacuípe, que será fonte de abastecimento de água para muitas cidades a jusante de Feira de Santana, é necessário que todos os afluentes carreguem uma quantidade de resíduos, que o volume total do rio principal, somado às condições de suas margens seja capaz de absorver e autodepurar. Fatores como ausência de tratamento de efluentes antes do lançamento nos riachos, construção de galerias de captação de águas pluviais com funções alteradas (captando resíduos sanitários), canalização do riacho sem

planejamento de estruturas que permitam oxigenação das águas ou mesmo retirada de vegetação marginal do riacho, nos trechos em que o leito é natural, são típicos de crescimento urbano desordenado e acentuado, em que tanto a população não tem acesso nem preocupação com as condições mínimas de saneamento quanto o poder público abriu mão do compromisso com a qualidade de vida da população e com o meio ambiente.

5.5 Conclusão

Para a maior parte dos parâmetros analisados que apresentam estabelecimento de limites pela resolução CONAMA 357/2005, não houve atendimento das condições de acordo com a classe de uso 3.

Mesmo onde os valores não ultrapassam o limite permitido pela legislação vigente, há uma estabilidade na identificação desses parâmetros, deixando claro que nem mesmo o aporte de um maior volume de água é capaz de melhorar os índices e favorecer a diluição dos níveis de poluição.

Indicadores quantitativos (D.B.O., O.D., Coliformes fecais e totais, Turbidez) foram reforçados por parâmetros visuais não mensurados (retirada de vegetação ciliar, presença de macrófitas aquáticas e dejetos sólidos nas águas e margens dos riachos que compõem a bacia Olhos D'Água), ratificando a conclusão de que as fontes de poluição estão associadas ao crescimento populacional desordenado e acelerado da área da bacia.

Por se tratar de um sistema em que a bacia urbana é interligada a bacias maiores, deve haver um aprofundamento no monitoramento da presença de coliformes totais e fecais no riacho Olhos D'Água e no rio Jacuípe, com base na presença de valores elevados desses parâmetros nas águas da bacia Olhos D'Água e, conseqüentemente do aporte dessa poluição em direção ao rio Jacuípe, bem como uma mudança nas políticas de recuperação ambiental, com vistas a priorizar as ações na escala das pequenas bacias que atravessam áreas urbanas com vistas a gerar impactos positivos nas bacias maiores.

6. MODELAGEM APLICADA À QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA OLHOS D'ÁGUA EM FEIRA DE SANTANA/BA

6.1 Introdução

As preocupações com a qualidade da água no planeta não são um fato recente, tendo em vista que desde a década de 1970 a questão vem sendo discutida em fóruns nacionais e internacionais, a exemplo da Convenção de Estocolmo (1972), da Eco-Rio (1992) e da Rio+10 (2002).

Além disso, tem havido avanço na legislação ambiental, especialmente no Brasil que desde 1934, com a criação do Decreto Federal nº 24.643/34 denominado Código de Águas, tem avançado no sentido de promover o uso racional de um recurso finito essencial à sobrevivência da humanidade. O amadurecimento das discussões ambientais no país, no que se refere aos recursos hídricos, ganha um importante aliado com a criação da Política Nacional dos Recursos Hídricos que resulta na criação da Lei 9.433/97 que estabelece a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, permitindo uma análise integrada dos fatores físicos, econômicos e sociais no território.

É nesse contexto que o presente estudo, considerando a unidade bacia hidrográfica como palco de interações da sociedade, conforme proposto por Yassuda (1993), analisa a qualidade da água na perspectiva da modelagem ambiental, cujos resultados refletem a pressão da dinâmica urbano-demográfica sobre o território.

A partir da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos trabalhados no capítulo anterior, buscou-se usar essas variáveis para a geração de índices de qualidade da água que servem de base para a modelagem da qualidade da água na bacia Olhos D'Água, localizada no município de Feira de Santana/BA.

Os índices e indicadores ambientais surgem como consequência da preocupação social com os aspectos ambientais que resultam do modelo de desenvolvimento capitalista, cujo processo requer um número elevado de informações em diversos graus de complexidade (CETESB, 2005). Nesse sentido, o objetivo principal da utilização de índices é a diagnose de locais críticos com vistas a definir prioridades de ações de controle ou recuperação.

Há uma infinidade de índices utilizados para o monitoramento da qualidade da água, entre os quais se pode citar o Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP), o Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática (IVA), o Índice de Balneabilidade (IB) propostos pela CETESB, além de diversos outros, cada um adequando os parâmetros que serão utilizados na composição final.

A utilização dos índices possibilita direcionar o manejo de forma mais adequada, uma vez que ao agregar dados físicos, químicos e bacteriológicos por meio de metodologias específicas simplifica uma série de variáveis em valores únicos, de caráter adimensional. Assim, os índices se mostram úteis para transmitir informações a respeito da qualidade da água ao público em geral, demonstrando as tendências de evolução da qualidade ao longo do espaço e do tempo, o que faz dessa ferramenta uma contribuição essencial ao gerenciamento das bacias hidrográficas (GERGEL et al., 2002; HOULAHAN e FINDLAY, 2004; CORADI et al., 2009).

Os índices utilizados nesta pesquisa foram o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B) e o Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}) que permitem a geração de uma classificação qualitativa a partir dos dados quantitativos.

Buscamos demonstrar, a partir dos resultados de ambos os índices a situação em que se encontram as águas da bacia Olhos D'Água em se considerando tanto a variável espacial quanto temporal, definindo a condição geral da bacia, de acordo com as medianas encontradas.

6.2 Materiais e Métodos

O procedimento para delimitação da bacia Olhos D'Água está descrito no capítulo 1, assim como a definição dos pontos de coleta.

As coletas foram realizadas numa dinâmica de frequência mensal durante 12 meses (março de 2010 a fevereiro de 2011) para agregar informações tanto do período chuvoso como do período seco e, com base nos procedimentos estabelecidos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20ª edição (AWWA/APHA/WEF, 1998), foram analisados alguns dos parâmetros de qualidade da água que caracterizam os aspectos químicos, físicos e biológicos

preconizados pela Resolução CONAMA 357/05, a exemplo dos bacteriológicos representados pelos coliformes totais e pelos coliformes fecais e os parâmetros físico-químicos dentre os quais: temperatura, p.H., cor, turbidez, oxigênio dissolvido (O.D.), demanda bioquímica de oxigênio (D.B.O), condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. A forma de amostragem da água e análise de cada parâmetro está descrita no Capítulo 2.

Os resultados das análises de laboratório das amostras coletadas foram combinados com vistas a gerar um índice de qualidade da água, bem como servir de suporte para avaliação da influência da urbanização na qualidade da água da bacia.

Calculou-se o índice de qualidade de Bascarán (IQA_B) através da equação

$$IQA_B = K \frac{\sum CiPi}{\sum Pi} \quad (1)$$

Utilizando como referência a equação acima, onde C_i se refere à porcentagem correspondente ao parâmetro i (Tabela 05), P está relacionada ao peso do parâmetro i e K é uma constante de ajuste em função do aspecto visual da água, observado pelo pesquisador na etapa de campo. Essa constante representa a impressão subjetiva relacionada à qualidade da água, sendo $K = 1,00$ para águas claras sem contaminação aparente; $K=0,75$ para águas com ligeira cor, espuma, ligeira turbidez aparente não natural; $K=0,50$ para águas com aparência de contaminação e forte odor e $K=0,25$ para águas negras que apresentam fermentações e fortes odores (RIZZI, 2001).

De acordo com o método utilizado e ilustrado na Tabela 05, a cada parâmetro corresponde um determinado peso e os valores encontrados nas análises laboratoriais devem ser correlacionados ao valor percentual listado na mesma linha. Feito isso, procede-se à aplicação da fórmula acima para definir o índice de qualidade equivalente àquele ponto especificamente.

Ressalta-se que, para a construção dos índices de qualidade, foram utilizados apenas os parâmetros que foram considerados significativos na análise de componentes principais executada no capítulo anterior, ou seja, pH, Cor, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Dissolvidos Totais e Condutividade Elétrica. A pluviosidade não foi considerada por não se referir a uma variável da água amostrada. Além dos parâmetros listados acima, foi incluída a constante subjetiva K , conforme preconizada na análise do IQA_B .

Tabela 05 - Valores Percentuais e Pesos atribuídos aos Parâmetros de qualidade da água para cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA_B), de acordo com o método Bascarán

Parâmetro	pH	Condutividade (µS/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Coliformes Totais (nº/100ml)	Temperatura (°C)	Cor (uH)	Turbidez (uT)	Sólidos Dissolvidos (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Aspecto Aparente (qualidade)	Valor Percentual VP (%)
Peso	1	4	4	3	1	2	4	2	3		
Valor Analítico do Parâmetro	1	>16.000	0	>14.000	>50/>-8	>250	>400	>20.000	>15	Péssimo	0
	2	12.000	1	10.000	45/-6	100	250	10.000	12	Muito Ruim	10
	3	8.000	2	7.000	40/-4	60	180	5.000	10	Ruim	20
	4	5.000	3	5.000	36/-2	40	100	3	8	Desagradável	30
	5	3.000	3,5	4.000	32/0	30	50	2	6	Impróprio	40
	6	2.500	4	3.000	30/5	20	20	15	5	Normal	50
	6,5	2.000	5	2.000	28/10	15	18	1	4	Aceitável	60
	9	1.500	6	1.500	26/12	10	15	750	3	Agradável	70
	8,5	1.250	6,5	1.000	24/14	5	10	500	2	Bom	80
	8	1.000	7	500	22/15	4	8	250	1	Muito Bom	90
7	<750	7,5	<50	21/16	<3	<5	<100	<0,5	Excelente	100	

Fonte: Adaptado de Rizzi, 2001 e Abrahão, 2006.

De posse dos resultados da análise da água, e a partir das classes definidas na Tabela 06, adaptada a partir do modelo apresentado por Rizzi (2001), identifica-se o intervalo de valor percentual encontrado que representa um aspecto aparente de qualidade da água, expressa em uma escala que vai de muito ruim a muito boa e que irá compor o mapa da qualidade da água da bacia, representando a modelagem com base nos dados referentes à área de estudo.

Tabela 06: Classes de Qualidade da Água

Índice de Qualidade	Classe de Qualidade da Água
0-15	Muito Ruim
16-30	Ruim
31-40	Imprópria
41-60	Regular
61-80	Aceitável
81-95	Boa
96 -100	Muito Boa

Fonte: Elaborado pela autora a partir de adaptação de Rizzi, 2005

Além do uso do IQA_B , procedeu-se também, a título de comparação, à utilização do Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}), que se utiliza da mesma equação descrita acima, com o diferencial de que, nesse índice não se considera a constante K, excluindo-se, portanto, a variável subjetiva referente à qualidade aparente da água observada pelo pesquisador.

Após a geração do IQA_B e utilizando os dados atribuídos a cada ponto amostral no referido índice, procedeu-se a um método de interpolação espacial com o objetivo de produzir um mapa para representar a qualidade da água na área da bacia. Partindo do pressuposto de que interpolar é estimar valores desconhecidos em uma área onde existem alguns pontos com valores conhecidos, criou-se uma superfície com o objetivo de representar a qualidade da água.

A interpolação espacial se baseia na Primeira Lei da Geografia, formulada por Waldo Tobler, que determina que “tudo é relacionado com tudo, mas coisas mais próximas estão mais relacionadas que coisas distantes”.

O ideal quando se trata de interpolação espacial é que os pontos sejam bem distribuídos na área de estudo e que exista uma distância regular entre esses pontos, porém o pesquisador pode controlar o número de pontos que serão usados para estimativa e o raio de pesquisa que incluirá no processo os pontos que estão inseridos dentro dele. Vale ressaltar que existem diversos métodos de interpolação, mas uma vez que, no caso da pesquisa realizada na bacia Olhos D'Água, não existe regularidade na distância e nem um número muito grande de pontos, optou-se por utilizar o método da krigagem ordinária que costuma ser o mais utilizado justamente porque este aplica métodos estatísticos sofisticados e considera as características únicas de cada conjunto de dados para interpolação.

A krigagem considera a média ponderada, mede a distância entre todos os pares de pontos e usa essa informação para descobrir o quanto os dados estão correlacionados espacialmente, quantificando distância e direção de cada par de pontos e predizendo valores desconhecidos no espaço. Na krigagem ordinária ainda é considerado que não há tendência nos dados e costuma ser indicada para o caso em que há poucos pontos amostrais e estes estão mal distribuídos.

O procedimento para execução dessa etapa foi realizado no software ArcGis 9.3 através da utilização da ferramenta Geostatistical Wizard disponível na extensão Geostatistical Analyst. Foram feitos diversos testes de aplicação, considerando um número variado de pontos. Porém, em razão de a amostra já ser *per se* bastante reduzida, considerando que não foram identificadas diferenças significativas nos resultados optou-se por considerar todos os 10 pontos amostrais.

Ressalta-se que para executar interpolação através do método da krigagem é necessária uma etapa prévia onde se avalia a dependência espacial dos dados através de um semivariograma que é uma ferramenta usada para analisar a magnitude da correlação entre as amostras e a similaridade destas com a distância (ZIMBACK, 2001). Na pesquisa em questão, foram executados vários testes, com ajustes diversos nos quais se chegou à constatação de que não havia correlação significativa entre os dados. Apesar do que foi exposto, decidiu-se por realizar a modelagem do IQA_B pelo método da krigagem ordinária para fins de que sirva de base de comparação para trabalhos futuros.

6.3 Resultados

6.3.1 Avaliação espacial da qualidade da água na bacia Olhos D'Água

Analisando os resultados encontrados nos dois índices calculados, a avaliação através do Índice de Qualidade da Água de Bascarán indicou baixos níveis de qualidade da água da bacia Olhos D'Água e permitiu visualizar de forma mais consistente as implicações do lançamento de efluentes nas suas águas, tanto espacial quanto temporalmente.

Analisando a variação espacial deste índice, observa-se que os pontos com os níveis menos alarmantes de qualidade estão localizados nas áreas de nascentes referentes aos pontos 01 e 02 (Tabela 07) e ainda assim esse índice gira em torno de 52 a 61, o que classifica a água nesses pontos como regular a aceitável – a última no ponto 01. A diferença de qualidade na água desses pontos era esperada (Figura 35), uma vez que ambos se localizam em área de/próximas de nascentes da bacia e, portanto, não sofrem tanta influência da descarga de poluentes.

Tabela 07 - Resultados da qualidade da água da bacia Olhos D'Água medidos através do Índice de Qualidade de Bascarán (IQA_B) e do Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}).

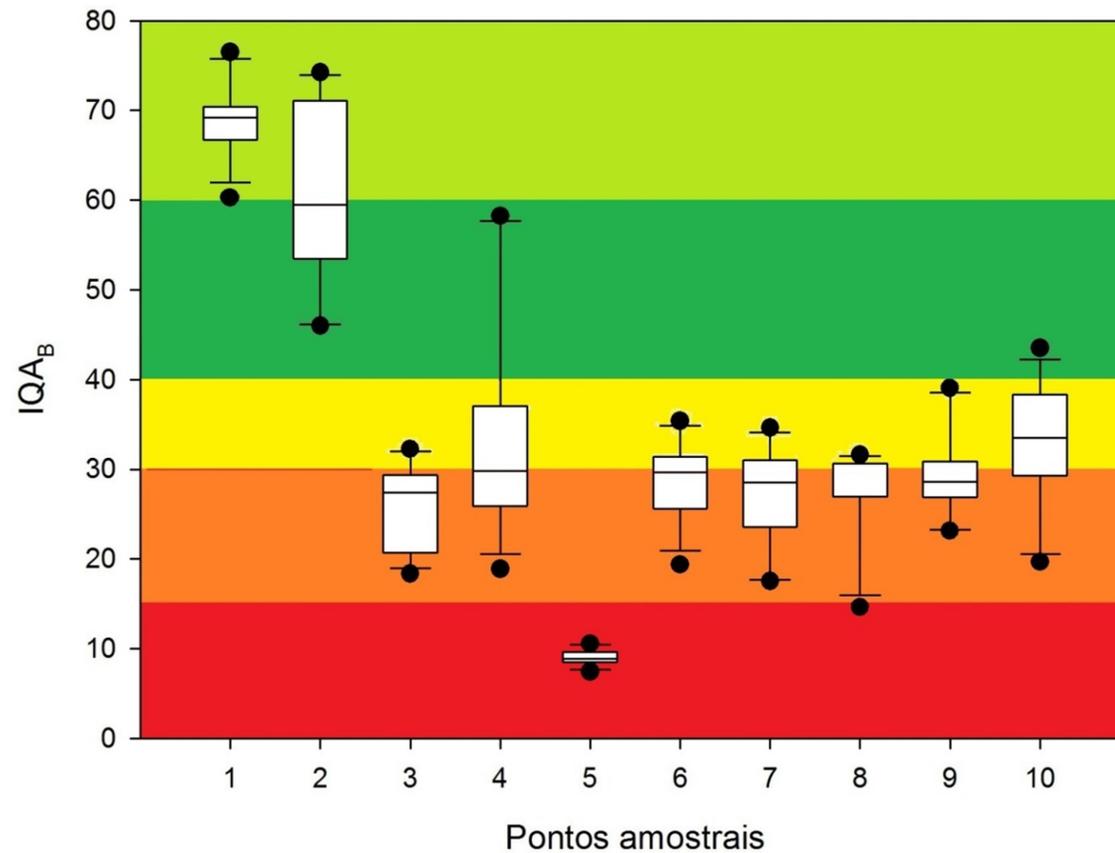
Ponto	IQA _B		IQA _{OBJ}	
	Resultado Quantitativo	Resultado Qualitativo	Resultado Quantitativo	Resultado Qualitativo
01	68,92	Aceitável	68,92	Aceitável
02	60,71	Aceitável	60,71	Aceitável
03	25,78	Ruim	51,56	Regular
04	33,46	Ruim	57,38	Regular
05	9,03	Muito Ruim	36,13	Imprópria
06	28,78	Ruim	57,56	Regular
07	27,42	Ruim	54,83	Regular
08	27,74	Ruim	55,48	Regular
09	29,56	Ruim	59,11	Regular
10	32,66	Ruim	43,54	Regular
MÉDIA	34,40	Ruim	54,52	Regular

Fonte: Elaborado pela autora.

A maioria dos pontos analisados tem suas medianas localizadas no intervalo entre 15 a 30 (Figura 35), definindo essas águas como de qualidade ruim, embora com algumas variações oscilando para a classe considerada como imprópria.

O ponto crítico é sem dúvida o ponto 05, cujos valores estão todos concentrados no intervalo abaixo de 15, dando a essa água uma característica de qualidade considerada como muito ruim. O resultado não surpreende, tendo em vista as observações realizadas na etapa de campo e o processo de análise dos parâmetros realizado no laboratório apresentados nos capítulos anteriores.

Figura 35 - Variação espacial do IQA_B na bacia Olhos D'Água



Na representação do gráfico, o intervalo dos quartis 25 a 75% são representados pela caixa e as medianas pela linha que divide a mesma; os limites dos quartis 10 e 90% são representados pelas barras e os pontos indicam outliers. Linhas coloridas indicam limite superior das classes de qualidade da água: Muito ruim – 0 a 15 (vermelho); Ruim – 16 a 30 (laranja); Imprópria – 31 a 40 (amarelo); Regular – 41 a 60 (verde escuro); Aceitável – 61 a 80 (verde claro). Não houve amostras com IQA nas classes Boa e Muito Boa.

Através do IQA_{OBJ} , considerando os mesmos parâmetros utilizados no IQA_B , observa-se que as menores medianas se localizam nos pontos 05 e 09, de forma semelhante ao IQA_B , demonstrando a situação crítica da qualidade ao longo da bacia. De acordo com o resultado do IQA_{OBJ} , as águas têm uma tendência a serem consideradas como de qualidade “Regular” (Tabela 07) e os valores mais elevados que refletem o melhor nível de qualidade na bacia concentram-se no ponto 01.

De acordo com esse índice a bacia Olhos D’Água apresenta baixos níveis de qualidade (média geral para a bacia em torno de 54,52, na categoria “Regular”) apenas tendo qualidade “Aceitável” nos pontos 01 e 02, ou seja, junto às duas nascentes, no riacho Olhos D’Água e no riacho localizado no bairro Tomba. A nascente do riacho Muchila não foi analisada, pois o ponto em que brotava estava aterrado, somente estando exposta junto à canalização para drenagem de águas pluviais. Os demais pontos apresentaram valores de IQA_{OBJ} na categoria “Regular”. A pior qualidade de água foi registrada no ponto 05, mesmo assim alcançando a categoria “Imprópria” e não “Muito Ruim”, como registrado para o índice IQA_B .

Ressalta-se, portanto, a melhor adequação da utilização do IQA_B em detrimento ao uso do IQA_{OBJ} na medida em que o primeiro mostra-se mais rigoroso do que o segundo, apontando a importância da variável subjetiva na determinação das classes (Tabela 06). Variáveis como presença de espumas e odores fortes não são quantificadas no laboratório, mas por serem consideradas pelo IQA_B no parâmetro K, não são ignoradas na classificação da qualidade das águas. Um exemplo ilustrativo da diferença significativa entre os índices é observado na classificação dos pontos 09 e 10, classificadas como “Regular” pelo IQA_{OBJ} e como “Ruim” pelo IQA_B .

6.3.2 Avaliação temporal da qualidade da água na bacia Olhos D’Água

A análise da variação temporal da qualidade da água ao longo da pesquisa foi realizada com o índice considerado mais rigoroso (IQA_B) (Figura 36) e confirma a tendência da média do índice para a bacia, variando na faixa entre 25 e 35, ou seja, entre as categorias “Imprópria” e “Ruim”. A sobreposição das barras relativas ao

Intervalo de Confiança (I.C. – 95%) demonstram a não diferenciação estatística dos dados ao longo do tempo (Figura 36).

Era esperada uma diferenciação na variação temporal em função da estacionalidade das chuvas, concentradas no período de inverno, o que é perceptível quando comparados os períodos de pico estacional, modificados gradativamente.

A maior amplitude expressa a influência de pontos extremos em qualidade, como os pontos 01, 02 e 05, sendo os dois primeiros regiões de nascente, consideradas como de qualidade aceitável e o ponto 05 o local onde foi encontrado o pior índice – muito ruim, o que pode ser confirmado com a comparação da variação com a retirada destes pontos (Figura 37). A média mensal, no entanto, confirma a pouca qualidade da bacia, que apresenta ligeira melhora no período chuvoso (maior diluição), mas não havendo mudança de faixa de classe de qualidade de água. Nessa representação reafirma-se manutenção das medianas no intervalo entre 25 a 35, reconhecendo-se a qualidade da água da bacia como prioritariamente nas classes “imprópria” e “ruim” ao longo do ano todo.

Como não houve tendência temporal na pluviosidade acumulada na janela de 72 horas que pudesse interferir significativamente no universo dos dados, uma possibilidade é que a redução da evaporação no período de inverno (associado à redução de temperatura, observável na figura 33), pode ter contribuído com a ocorrência de um volume maior nos riachos e isso, de fato, tenha interferido com as concentrações de poluentes. Ressalta-se, portanto, que essa constatação está apenas no campo das especulações e serve como provocação para comprovação dessa teoria *a posteriori*.

Figura 36 - Variação temporal do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B) para a Bacia Olhos D'Água.

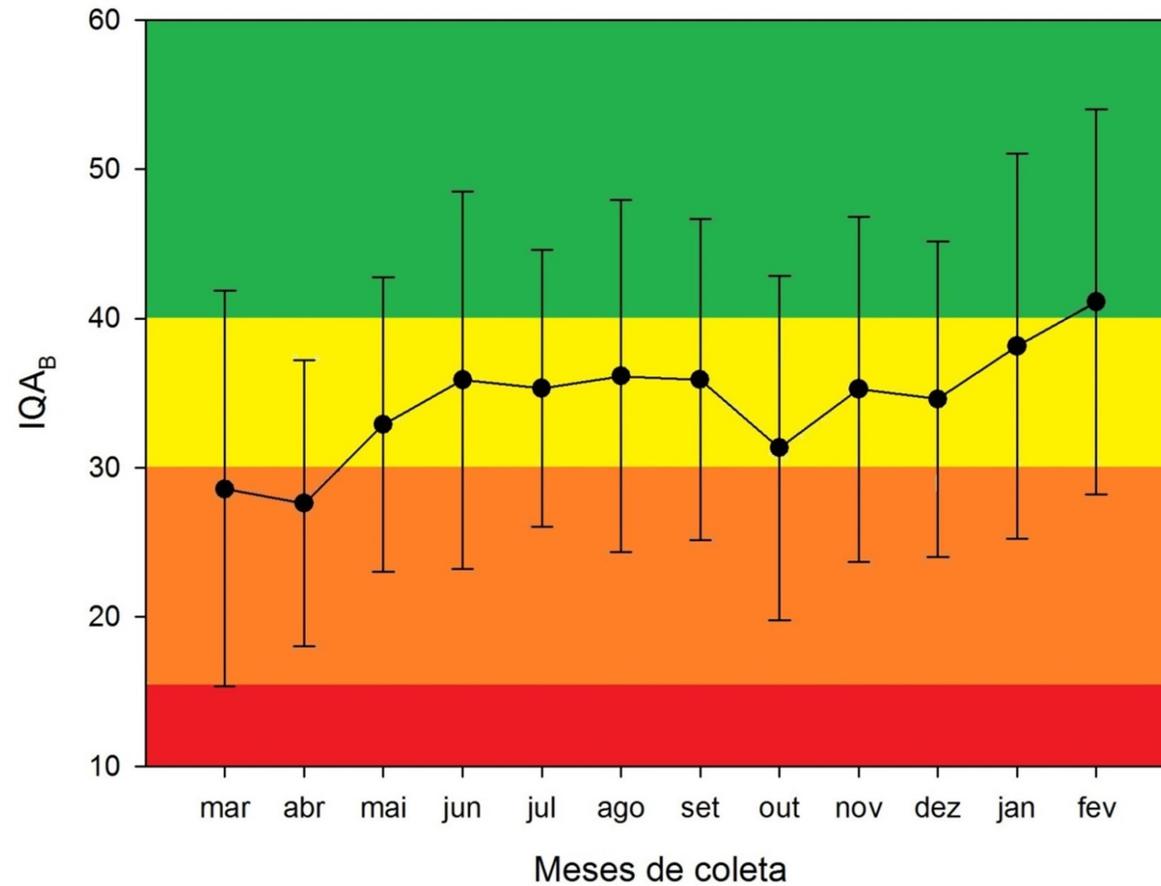
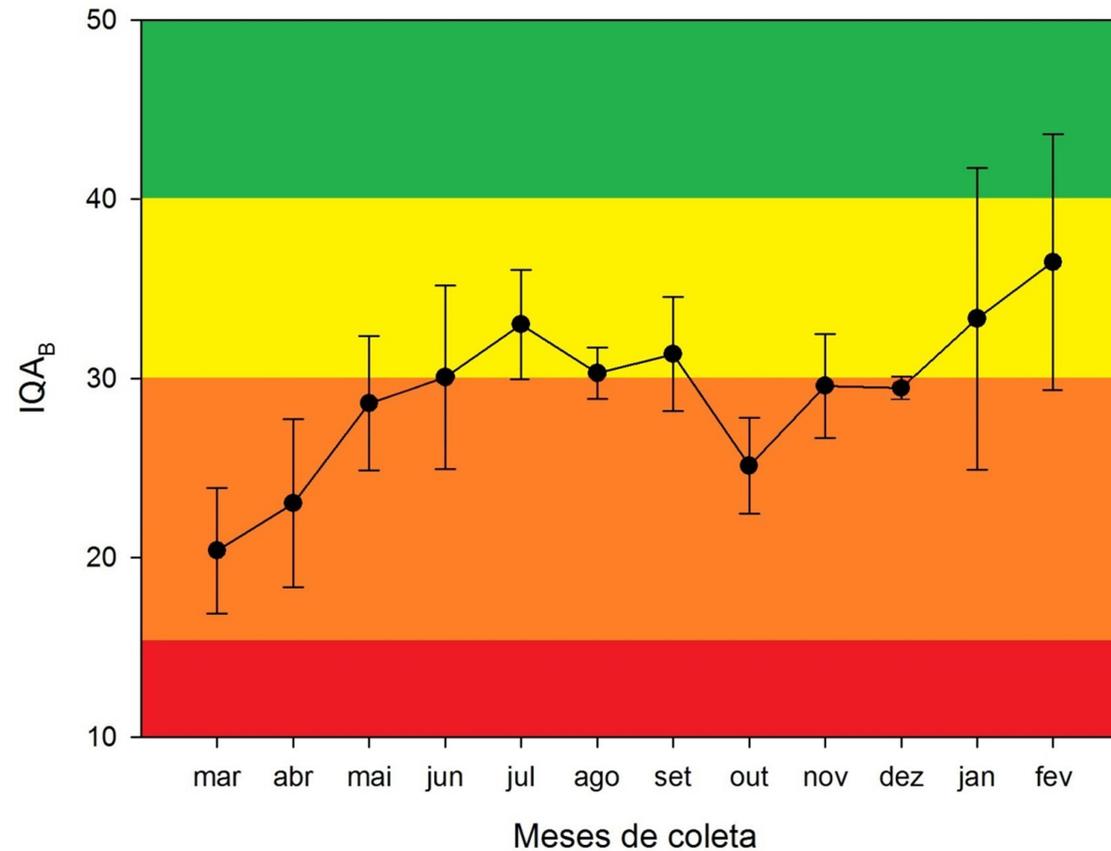


Figura 37 - Variação temporal do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_B) para a Bacia Olhos D'Água, retirados os pontos influentes 01, 02 e 05.



Na representação do gráfico, as medianas são representadas pelos pontos; as barras representam o Intervalo de Confiança – 95% - e as linhas coloridas indicam limite superior das classes de qualidade da água: Muito ruim – 0 a 15 (vermelho); Ruim – 16 a 30 (laranja); Imprópria – 31 a 40 (amarelo); Regular – 41 a 60 (verde escuro). Não houve amostras com IQA nas classes Aceitável, Boa e Muito Boa.

6.3.3 Modelagem da qualidade da água na bacia Olhos D'Água pelo método da Krigagem Ordinária

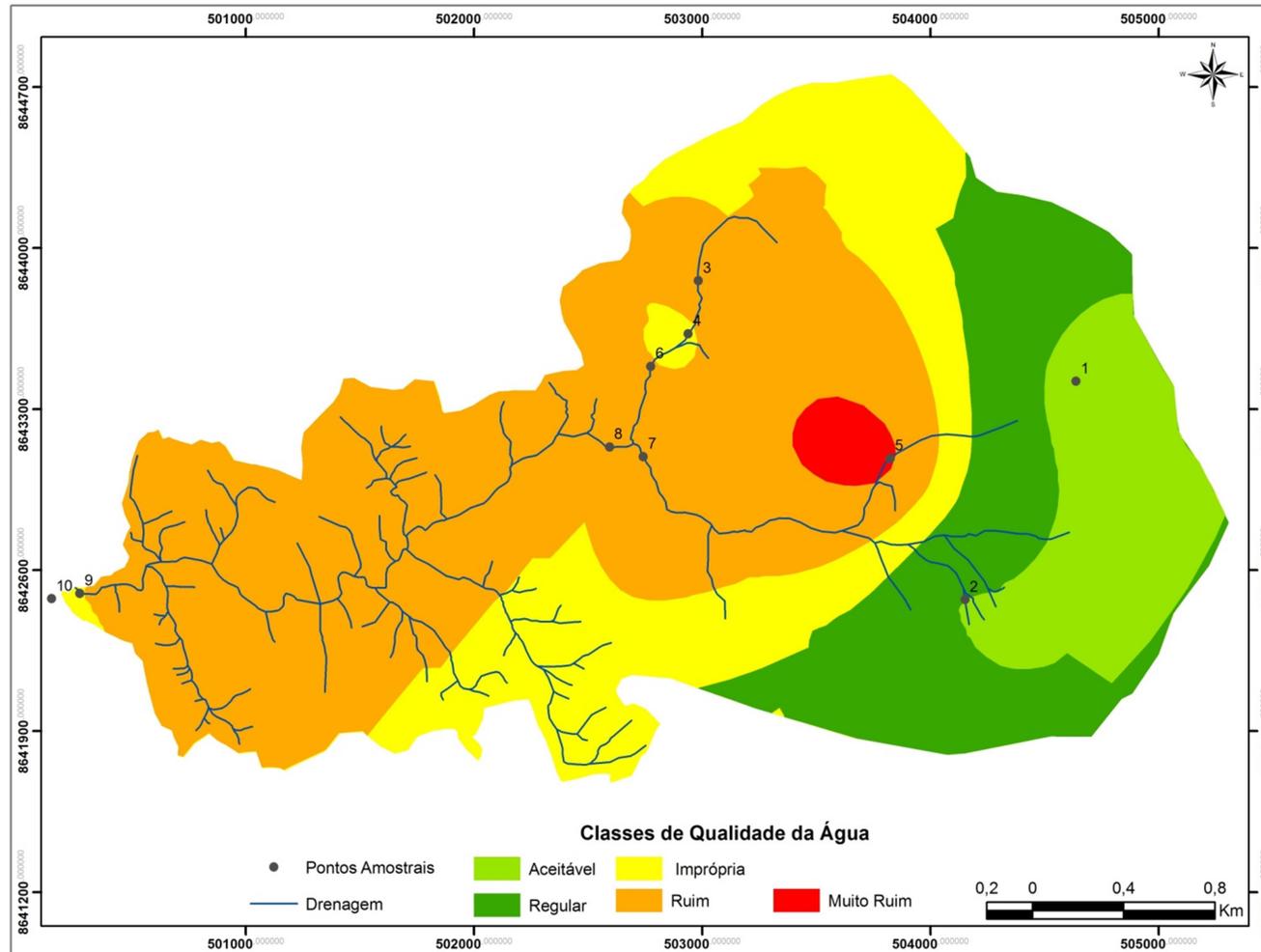
Tomando como referência o IQA_B , considerado o índice que melhor representa a qualidade da água da bacia ao ser comparado ao que foi constatado nas discussões que antecedem a esse capítulo, foi gerada a modelagem da qualidade da água da bacia Olhos D'Água através do método da krigagem ordinária, considerando-se os 10 pontos amostrais na determinação da correlação espacial com o intuito de dispor do maior número de dados possível.

Destaca-se que os resultados encontrados nos testes que consideraram 5, 8 e 10 pontos amostrais na interpolação não apresentaram diferenças significativas, o que reforçou a escolha pelos 10 pontos amostrais na modelagem espacial por interpolação.

Como foi pontuado anteriormente, na interpolação por krigagem ordinária nos pontos amostrados é apresentado o valor exato da variável interpolada e nas outras regiões a análise assume que as médias locais não são necessariamente próximas da média da população e então, os pontos vizinhos são usados para estimar os valores.

No resultado apresentado (Figura 38) verifica-se que a delimitação das faixas é bastante ampla, reflexo da baixa densidade de pontos amostrados em razão de limitações da pesquisa - intermitência da drenagem, nascentes canalizadas na origem, impossibilidade de coleta numa faixa considerável entre os pontos 8 e 9 em razão de canalização do canal e altura e declividade das vertentes que impedem o acesso – o que demonstra a necessidade de ampliação da malha de pontos amostrais.

Figura 38 – Modelagem da Qualidade da Água por Krigagem Ordinária



Krigagem ordinária da qualidade da água demonstrando necessidade de ampliação da malha de pontos amostrais para melhor qualidade da predição na área da pesquisa, embora a representação demonstre coerência com as observações realizadas em campo no que se refere ao aporte poluidor. Fonte: EMBASA, 2008; Mapa elaborado pela autora.

As nascentes representadas pelos pontos 01 e 02 estão coerentemente localizadas na faixa que representa a classe de qualidade “aceitável”, demonstrando a melhor qualidade da água em toda a bacia e essa faixa representa a influência desses pontos na predição, embora se ressalte que o entorno do ponto 02 demonstre a influência também do ponto 05, colocando o ponto quase numa área limítrofe com a classe de qualidade “imprópria”.

A faixa de classe “imprópria”, localizada ainda na alta bacia, pode ser explicada pela influência do ponto 05 que é a zona de pior índice, embora o ponto 03 também influencie fortemente a classificação nessa zona que é precedida espacialmente por uma faixa de transição, classificada como de qualidade “regular”.

Para a confirmação da veracidade dessa previsão ou mesmo o agravamento no índice de qualidade é necessário a ampliação de pontos amostrais nas zonas intermediárias, especialmente por se tratar de uma área de intensa ocupação, parte dela irregular, e ter sido comprovada na etapa de campo a incidência de um grande volume de descarga irregular de efluentes nas águas da bacia, não sendo possível, portanto, descartar a influência da ausência de infra-estrutura de saneamento no resultado apresentado no mapa.

Uma informação que reforça essa constatação se dá na medida em que, entre os pontos 02 e 05, no canal retificado imediatamente após a galeria localizada na Rua Araújo Pinho a análise aparente da qualidade da água demonstra que se houvesse coleta naquele ponto, o índice, na melhor das hipóteses, confirmaria a previsão do mapa pois a água que surge da galeria e corre no canal apresenta-se muito turva, com a presença inequívoca de um volume significativo de fezes e viscosidade.

Na sequência da faixa de classe de qualidade considerada “imprópria”, localiza-se uma grande zona homogênea de classe de qualidade “ruim” sobre as quais cabem algumas análises em se considerando inclusive a faixa que a precede.

Duas situações poderiam advir do índice de qualidade encontrado nos pontos 03, 06, 07 e 08 que permeiam o intervalo de IQA_B entre 25 a 27 aproximadamente. A primeira delas seria um processo de melhoria gradativa caso houvesse boa diluição ou depuração – o que, por exemplo, pode ser encontrado no entorno do ponto 04 que caracteriza uma “ilha” de qualidade de água imprópria no meio de uma grande zona de qualidade ruim – ou, por outro lado, poderia haver um processo de

agravamento gradual em havendo um aumento no volume de descargas e ausência de autodepuração.

O que se percebe na previsão executada pela krigagem ordinária é uma manutenção da classe de qualidade ruim, especialmente em função da grande quantidade de pontos a montante com IQA_B nessa classe e da ausência de amostragem no espaço compreendido entre os pontos 08 e 09, colocando o ponto 09 numa área de transição entre as classes de qualidade “ruim” e “imprópria”, de forma semelhante ao registrado no ponto 10, este último devido à diluição promovida no rio Jacuípe em função do aumento do volume e da presença das baronezas que depuram os poluentes.

6.4 Discussão

A má qualidade das águas de bacias urbanas já foi constatada em grande número de cidades (ALMEIDA et al. 2004, GROppo et al. 2008), sendo um problema de difícil resolução. Mas ações mitigadoras podem ser bastante eficientes desde que detectadas as fontes principais de perturbação e haja tanto conhecimento geo-ecológico quanto interesse público para acessar o problema (SUREN et al. 2005).

A primeira etapa de todos os trabalhos que visem à solução de problemas ambientais associados à poluição em bacias urbanas se inicia com o levantamento dos dados físico-químicos e biológicos, passa pela análise ambiental e culmina na modelagem da bacia no que se refere à análise espacial e temporal das variáveis que determinam sua qualidade.

Abrahão (2006) em seu estudo no riacho Mussuré/PB ao longo do ano de 2004 utilizou o Índice de Qualidade da Água de Bascarán Adaptado (IQA_{BA}), já que não possuía informações relativas à constante de ajuste K, mas usou como critérios qualitativos, classes associadas ao parâmetro cor. O autor verificou uma melhor qualidade durante o período de seca ($IQA_{BA} = 31,12$) em comparação ao período chuvoso ($IQA_{BA} = 28,65$), mas aponta que essa variação foi pouco significativa. Os valores variaram temporalmente na Bacia Olhos D'Água de forma adversa, com

melhor qualidade das águas no inverno (período chuvoso), com exceção de janeiro e fevereiro, meses normalmente comparativamente mais secos.

Os resultados do IQA_{BA} nessa pesquisa demonstraram uma concentração dos valores de qualidade da água no intervalo compreendido entre 15 a 40, resultados bastante aproximados dos valores encontrados na bacia Olhos D'Água, tanto no que se refere aos índices, como no tocante à variação ao longo do ano.

O mesmo foi constatado ao analisar a qualidade da água do riacho Mussuré/PB através do Índice Objetivo de Qualidade da Água (IQA_{OBJ}) (ABRAHÃO, 2006). Na pesquisa do referido autor, os resultados demonstram uma tendência à qualidade regular e os maiores valores encontrados ficam em torno de 47,5 (Categoria Regular), muito próximo ao encontrado para a média da Bacia Olhos D'Água, mas chegando à mesma conclusão quanto à necessidade de uso de um índice mais rigoroso (em seu estudo o IQA_{BA}).

Bonnet et al. (2008) avaliaram a qualidade da água a partir da compilação de dados de 174 captações operadas pelo Saneamento de Goiás entre janeiro de 2002 e dezembro de 2004 cujos resultados revelam um índice de qualidade inferior ao padrão requerido pela legislação em até 62,43% dos resultados, que se destacam especialmente nos períodos chuvosos. Os autores analisam que parte da matéria orgânica é de origem fecal e pode ser oriunda do aporte de sedimentos intensificado durante as chuvas e afirmam que o uso de IQA's sazonais favorecem a precisão das inferências. Novamente, esses dados contrastam com os da bacia Olhos D'Água, mas independentemente desta tendência de melhoria relativa, os valores da bacia estudada no presente trabalho raramente se elevam a valores que chegam à categoria "Aceitável" ou superior, que seria desejável.

Em contraponto à pesquisa de Bonnet et al. (2008), a pesquisa de Coradi et al. (2009) sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim/RS entre os anos de 1996 e 1998 utilizando o Índice de Qualidade da Água de Bascarán revelou valores da ordem de 50 a 70. Segundo os autores, os menores valores foram influenciados pelo decréscimo nos níveis de oxigênio dissolvido e conseqüente aumento da D.B.O., e essa redução nos níveis de qualidade associa-se a uma redução nos níveis pluviométricos. Dessa forma, a melhora nos índices estaria associada à diluição dos contaminantes em função do aumento da vazão dos rios avaliados.

Na bacia Olhos D'Água os resultados demonstram que não há uma oscilação significativa no quesito qualidade se considerados o fator sazonalidade, ou seja, independente da coleta ter sido realizada em períodos mais chuvosos, a qualidade da água não sofre grandes alterações. Após analisar os totais pluviométricos relativos aos dias em que foram feitas as coletas e as 48 horas anteriores ficou comprovado que a pluviosidade de fato não teve grande influência na variação da qualidade da água da bacia.

A predominância dos valores de qualidade da água entre as classes “Ruim” e “Imprópria”, na maior parte dos pontos e em qualquer período do ano, reafirma a constatação de que a água da bacia Olhos D'Água apresenta um grau de contaminação preocupante. Tendo em vista que a avaliação da qualidade da água é um instrumento importante na definição de políticas públicas, é imprescindível o maior rigor possível nesta análise em função das implicações para a saúde da população.

A construção de modelos de distribuição de qualidade das águas ao longo de uma bacia urbana é elemento que pode ser considerado essencial para a detecção dos pontos mais críticos ao longo desta, sendo, portanto, também essencial para que as soluções para cada problema sejam encontradas e executadas, bem como que sirvam de balizas para a definição de políticas públicas mais rigorosas no que tange ao bom uso dos recursos hídricos e à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida das populações que dele dependem.

Amorim et al. (2010) ao realizarem um estudo sobre a qualidade da água subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Piauí em Sergipe utilizando o método da krigagem ordinária para interpolação dos resultados afirmam que os resultados refletem de forma satisfatória a dependência espacial entre variáveis, mas não aprofundam a discussão.

Boezio et al. (2006) ao mapearem a água subterrânea em Siderópolis-SC utilizando dados relativos a leituras piezométricas e de topografia como informação secundária executam uma comparação entre o método da krigagem ordinária e da cokrigagem, demonstrando maior eficiência da representação por cokrigagem nas áreas onde o número de amostras é menor. Porém, ressaltam que esse procedimento é possível por possuírem variáveis secundárias que podem ser cruzadas com a variável primária que na pesquisa é o nível da água subterrânea.

Ambas as pesquisas supracitadas são representativas do uso comum da krigagem em pesquisas relacionadas a águas subterrâneas, sendo, porém, mais escassas em se tratando de águas superficiais, especialmente em função das limitações no levantamento dos dados.

Pode-se afirmar, seguramente, que um levantamento amostral mais amplo e melhor distribuído geraria uma melhor definição da bacia, porém, apesar dessas limitações mantivemos o objetivo de realizar a interpolação através da krigagem para que servisse de referência no âmbito da comparação com trabalhos futuros.

Esses resultados demonstram claramente a importância da análise da unidade bacia hidrográfica na diagnose de problemas ambientais e, mais importante que isso, comprovam a interação existente nos sistemas naturais e entre esses e os processos de construção/transformação do espaço geográfico pela sociedade.

No caso específico da bacia em questão, o que se percebe como alternativa para a melhoria da qualidade da água, além da redução dos lançamentos clandestinos - que parte de uma política de conscientização e ampliação da rede coletora - é o estabelecimento de microestações de tratamento ao longo da bacia, pois não basta apenas coletar e continuar lançando o produto dessa coleta nos riachos sem tratamento.

Além disso, o manejo dos riachos, não apenas na perspectiva da retificação do mesmo como tem sido feito, mas principalmente reinserção da vegetação ciliar e construção de desníveis para aumentar a oxigenação da água são ações simples e eficazes que com certeza contribuiriam para a autodepuração e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade da água da bacia e se traduziriam em um projeto consistente voltado para a prática da sustentabilidade.

Deve-se ressaltar, uma vez mais, a necessidade de um diagnóstico mais consistente das áreas não amostradas nessa pesquisa, com o objetivo de mapear de forma mais conclusiva as condições de qualidade da água e de volume de lançamento de efluentes nessas zonas - tanto no que se refere às condições estéticas e sanitárias e relacionadas aos parâmetros físico-químicos e biológicos como na utilização de índices de qualidade e mapeamento dessas condições - com vistas a subsidiar melhor as ações a serem propostas para a área da Bacia Olhos D'Água.

Não se deve, porém, apesar das limitações da presente pesquisa, descartar o avanço alcançado no diagnóstico do estágio de degradação da bacia Olhos D'Água e das condições de exposição da população a situações de risco de saúde inequívocas identificadas, bem como à convivência diária com os odores e incômodos provocados pela poluição da água.

Uma vez que a representação através de modelos é uma ferramenta utilizada na compilação de dados diversos, integrando variáveis na análise sistêmica, claro está que o mesmo apresenta limitações. É a dimensão da análise contextualizada dos resultados que direciona as ações a serem propostas e essas não devem jamais deixar de considerar todas as ferramentas que possam contribuir para a diagnose dos problemas.

Nesse sentido, apesar de todas as limitações ficou comprovado que a degradação ambiental da área de estudo se encontra em um nível preocupante e não resta dúvida de que uma pesquisa mais apurada, além de comprovar os resultados encontrados, traria novas perspectivas e apontaria outros problemas, inclusive podendo demonstrar que a situação é ainda mais grave do que a que se apresenta.

6.5 Conclusão

Os índices de qualidade da água utilizados se mostraram bastante adequados na representação da qualidade da água da bacia Olhos D'Água, integrando de forma coerente os dados levantados na pesquisa e representando a situação ambiental da bacia, especialmente o Índice de Qualidade da Água de Bascarán que, por ser mais rigoroso, permite uma interpretação mais adequada da realidade em estudo.

A variação temporal da qualidade da água da área de estudo permite afirmar que não há melhora significativa relacionada à variação sazonal dos índices pluviométricos, demonstrando baixos níveis ao longo de todo o ano, mesmo com a retirada dos pontos influentes. Os melhores índices estão localizados justamente nas áreas de nascente e nas zonas em que há maior volume de água, o que permite concluir que a diluição é a responsável pela alteração nesses valores

A pesquisa em curso demonstra que se faz necessário um plano de intervenção para a área que permita a recuperação da qualidade ambiental na zona drenada, a melhoria das condições de saneamento, da harmonia paisagística e especialmente das políticas públicas de saúde da população residente na área.

Essas ações devem ser voltadas, prioritariamente, para redução do aporte poluidor através da ampliação da rede coletora, aumento do volume de esgoto tratado, bem como um trabalho de engenharia que permita alterar positivamente os riachos com a construção de desniveis para oxigenação da água.

É urgente que as galerias de águas pluviais no território da bacia sejam utilizadas para a função a que se destinam que é a coleta de águas pluviais e não sejam direcionadas a servir como rede coletora por falta de investimentos em saneamento básico que é historicamente uma demanda social não atendida eficazmente em nível nacional e mundial, apesar de todas as constatações que reforçam a necessidade de atendimento dessas condições mínimas para a qualidade de vida e a dignidade humana.

A sustentabilidade deve ser pensada antes nas pequenas áreas, gerando reações positivas em cadeia e sendo, de fato, objeto da ação e não apenas das teorias inacabadas que nunca dão conta de resolver os problemas que se apresentam nas casas, ruas, bairros e cidades e serve apenas aos que filosofam incansavelmente sobre os problemas do mundo.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Poluição das Águas**. Rio de Janeiro, 1973. 22 p (FB 145).

ABRAHÃO, R. **Impacto do Lançamento de Efluentes na Qualidade da Água do Riacho Mussuré**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/ CCEN/UFPB) João Pessoa, 2006.

ACSELRAD, H. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. Nº 1, Maio 1999.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 1998.

ALMEIDA, R.M.A.A.; HUSSAR, G.J.; PERES, M.R.; FERRIANI JR., A.L. Qualidade microbiológica do córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.51-56, jan./dez., 2004.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S. Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí, em Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. 2010. V14, nº 08, p. 804-811.

ANJOS, J. A. S. dos. **Avaliação da Eficiência de uma Zona Alagadiça (Wetland) no Controle da Poluição por Metais Pesados: O Caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA**. 2003. 327 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

ARAUJO, J.W. de. **Diagnóstico ambiental da sub-Bacia do Rio Timbu – Campina Grande do Sul e Quatro Barras – PR**. 2004. 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

ARAUJO, R. A.; GUNTHER, W. M. R. Remoção de Helminthos e Protozoários em estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

AZEVEDO NETTO, J.M. Cronologia do abastecimento de água (até 1970). **Revista DAE** v. 44, n. 137, p.106-111, jun.1984.

BARD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 2002.

BARRELLA, W., PETRERE JR., M., SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. 2000. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 2001. p. 187-207.

BARROS, R. T. de V.; CHERNICHARO, C. A. de L.; HELLER, L.; VON SPERLING, M. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 2).

BATISTELA, T.S. **O Zoneamento Ambiental e o desafio da construção da Gestão Ambiental Urbana**. 2007. 159 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BIGARELLA, J. J; SUGUIO, K. **Hidrologia**. Ambiente Fluvial. Curitiba: UFPR, 1979.

BITAR, O.Y. **Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na região metropolitana de São Paulo**. 1997. 185p. Dissertação (Mestrado). – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

BONNET, B.R.P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F.C. Relações entre Qualidade da Água e Uso do Solo em Goiás: Uma Análise à Escala da Bacia Hidrográfica. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.32, n2, p311-322. 2008.

BOEZIO, M. N. M.; COSTA, J. F. C. L.; KOPPE, J. C. Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível de água subterrânea. **Revista Escola de Minas**, Vol. 59, nº 2, Ouro Preto Apr./June 2006.

BORSOI, Z.M.F.; TORRES, S.D.A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, dez. 1997, p. 143-166.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In GUERRA, A. J. T., SILVA A. S. da; BOTELHO. R. G. M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRANCO, S. M. **Poluição**. Rio de Janeiro: Ao livro técnico, 1972. 157p.

BRANDÃO, T. F.; SANTOS, R. L. Classificação climática do município de Feira de Santana – BA através da análise frequencial e técnica dos quantis. In: Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, 14., 2010, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: UEFS, 2010. 1 CD-ROM.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília (DF): 1988. 201p.

_____. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 alterada pela Lei Federal 7.804/1989. Brasília, 1981.

_____. **Decreto Federal n. 88351/83 de 01 de junho de 1983**. Disponível em: <www.lei.adv.br/88351-83.htm>. Acesso em: 10 out. 2009.

_____. **Lei 9985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2000.

_____. **Política Nacional dos Recursos Hídricos**. Lei Federal nº 9.433/97 de 08 de janeiro de 1997. Brasília, 1997.

_____. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

BUZZANELLO, E.B.; MARTINHAGO, M.W.; ALMEIDA, M.M.; PINTO, F.G. da S. Determinação de Coliformes Totais e Termotolerantes na Água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, set. 2008.

CAMARGO, L.H.R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência: a geografia da complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 240p.

CÁNEPA, E. M.; TAVARES, V. E.; PEREIRA, J. S.; LANNA, A. E. Perspectivas de Utilização de Instrumentos Econômicos na Política e Gestão de Recursos Hídricos. In: Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos. 1., 1998, Gramado. **Anais...** Gramado, RS:, 1998.

CERQUEIRA, E. do C. **A Ocupação das Nascentes do Rio Subaé e suas Implicações Ambientais de 1970 a 2002**. 2002. 118 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Salvador, UFBA, 2002.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidades das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2004** / CETESB. São Paulo: CETESB, 2005.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Índices de Qualidade da Água. Anexo V. São Paulo: 2006. **Relatório da Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em 05 de outubro de 2009.

CHAGAS, P.; SOUZA, R. Study of the depuration capacity of a river, considering the propagation of a dynamic wave. **Hydrology Days**. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <<http://hydrologydays.colostate.edu>>. Acessado em 05 de outubro de 2009.

CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. **Geomorphology**. Cambridge: Methuen, 1984. 606 p.

CONAMA. **Resolução CONAMA nº 001/86, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília, 1986.

_____. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de março de 2005.

CORADI, P. C.; RAMIREZ, O. P.; FIA, R.; MATOS, A. T. de. Qualidade da água Superficial da Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, v3, n1, p53-64. 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CUNHA, C.L.N.; MONTEIRO, T.C.; ROSMAN, P.C.C. (2003) Poluição em rios utilizando modelagem computacional. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 8 – Nº3: 126-134.

DIAZ, P. A. **Educação ambiental como projeto**. 2ª edição- Porto Alegre: Artmed, 2002.

DONHA, A. G.; SOUZA, L.C. de P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.1, p.175–181, 2006.

EMBASA, Empresa Baiana de Saneamento, 2004. **Governo prioriza a recuperação de mananciais.** Disponível em <<http://www.embasa.ba.gov.br/novo/Noticias/detalhar.asp?cod=305>>, acesso em 18/03/2009.

EMBASA. **Base Cartográfica Municipal de Feira de Santana.** 2008.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 276p.

FARIA, D.S. **Capacidade de Autodepuração do ribeirão Anicuns/GO:** um estudo de caso. 2008. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2008.

FIDELMAN, P. I. J. Contribuição para a mitigação dos impactos da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* sobre a zona costeira da região Sul da Bahia. **Gerenciamento Costeiro Integrado**, v. 4, p. 01-05, 2005.

FIGUEIRÊDO, A de C. **Avaliação e Diagnóstico da Qualidade da Água do Açude de Apipucos, Recife – PE.** 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Pernambuco, UFRPE, 2008.

FIGUEIRÊDO, A.F.R. **Análise do Risco de Salinização dos Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Colônia – Sul da Bahia.** 2006. 99p. – Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Ilhéus, UESC, 2006.

FOWLER, H.G. Provas de Melhoria Ambiental. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.24 n.142, p69-71, 1998.

FREIRE, R.; SCHNEIDER, R. M.; FREITAS, F. H. de; BONIFÁCIO, C. M.; TAVARES, C. R. G. **Avaliação da Autodepuração de um Trecho do Rio Pirapó-PR após Receber as Águas do Ribeirão Maringá-PR.** In: Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá, 2010.

GALINDO, E. F.; FURTADO, M.F. R. de G. **Gestão Urbana & Gestão de Recursos Hídricos: Uma Articulação Imprescindível para a Sustentabilidade.** Disponível em: <<http://www.unizar.es/fnca/america/docu/1913.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

GALVÃO, R. A. Os povoadores da região de Feira de Santana. **Revista Sitientibus**. v. 1 n. 1, p. 25-31. Julho/Dezembro, 1982.

GERGEL, S. E. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, v.64, p.118-128, 2002.

GOMES, M. V. T. **Estudo da ocorrência de metais traço em sedimentos superficiais do Rio São Francisco à montante e à jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil.** 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Química). São Cristóvão, UFS, 2009.

GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, nº 1 .

GRIFFITH, J.J.; BERDAGUE, C. Autopoiese Urbana e Recuperação Ambiental. **Saneamento Ambiental**, São Paulo, n. 120, p. 65-70, mai./jun. 2006.

GROPPO, J.D.;MORAES, J.M.;BEDUSCHI, C.E.; GENOVEZ, A.M.; MARTINELLI, L.A. Trend analysis of water quality in some rivers with different degrees of development within the São Paulo State, Brazil. **River Research and Applications**, v.24, p.1056-1067, 2008.

GROSTEIN, M.; JACOBI, P. (1998). Cidades Sustentáveis: Falta de planejamento urbano gera impactos socioambientais, **Revista Debates Sócioambientais** – CEDEC. Ano III – nº 9 – mar/abr/mai/jun 1998. Pg.26.

HESPANHOL, I. Água e Saneamento Básico. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Preservação.** 3ª ed. SP: Escrituras Editora, 2006.

HESPANHOL, K. M. H. **Monitoramento e Diagnóstico da Qualidade da Água do Ribeirão Morangueiro.** 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). UEM, Maringá, 2009.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J.M.P.; CARMO, R.L.; OLIVEIRA, A. **Urbanização e vulnerabilidades sócio-ambientais diferenciadas: o caso de Campinas.** XII

Encontro ABEP, Caxambu, 2000. Disponível em www.abep.org.br. Acesso 03/01/2011.

HOGAN, D. J. Mobilidade populacional, sustentabilidade ambiental e vulnerabilidade social. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**. São Paulo, v. 22, n. 2, p. 323-338, jul./dez. 2005

HOULAHAN, J. E.; FINDLAY, C. S. Estimating the 'critical' distance at which adjacent land-use degrades wetland water and sediment quality. **Landscape Ecology**, v.19, p.677-690, 2004.

IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília, Editora: IBAMA 1990. 96p.

JACOBI, Pedro. Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, março/ 2003.

KRIEGER, M. da G.; MACIEL, A. M. B.; BEVILACQUA, C. R.; FINATTO, M. J. B. **Dicionário de Direito Ambiental**: terminologia das leis do meio ambiente. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1998. 509 p.

LEITE, A. E. de B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA®**. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Saúde Pública). Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, 2004.

LIMA, A. J. B.; COSTA, G. R. L. X. ; SOARES, L. P. C. Avaliação do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos Reservatórios com Capacidade de Acumulação de Água acima de 5 Milhões de Metros Cúbicos, Monitorados pelo IGARN na Bacia Hidrográfica Apodí-Mossoró/RN nos Anos de 2005 e 2006. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Caxambu, 2007.

LIMA, J. S. Qualidade das águas utilizadas nas cidades é cada vez pior. In: **Cidades**, nº 29, março/2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em 22 jan. 2005.

LIMA, M.A. de. **Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Município de Rio Claro-SP**. 1994. 528 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Rio Claro, Unesp, 1994.

MACHADO, C.J.S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: limites alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade**, vol VI n.2: 121-136, 2003.

MACHADO, P.J. de O.; VALLE, G. de M.; RINCO, L.; CARMO, L.F.Z. do; LATUF, M. de O. **Qualidade das águas do Rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG**. 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/virtu/files/2010/03/artigo-1a5.pdf>>. Acesso em 01/03/2011.

MACIEL FILHO, A. A. [et al] Interfaces da gestão de recursos hídricos e saúde pública. In: MUÑOZ, H. R. (org). **Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da lei das águas de 1997**. 2ª ed. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. 68-90p.

MALTA, Tatiana Siqueira. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ**. 2001. 68 f. (Mestrado em Engenharia Sanitária e Saúde Pública). Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz; 2001.

MARSALEK, J.; SZTRUHAR, D.; GIULIANELLI, M.; URBONAS, B. (eds.) Enhancing urban environment by environmental upgrading and restoration. **Nato Science Series**, IV. Earth and Environmental Sciences. Kluwer Acad. Publ., New York. 2005.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de Metodologias de Interpolação Espacial Aplicadas a Dados Hidrográficos Costeiros Quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**., 2009, 13(1):53-64.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.

MOLOZZI, J.; PINHEIRO, A.; SILVA, M. R. da. Qualidade da Água em Diferentes Estádios de Desenvolvimento do Arroz Irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.1393-1398, set. 2006.

MONTEIRO, A. M. V. et al. Introdução a Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, SP: INPE, 2001. **Livro on-line**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>

MONTE-MÓR, R.L. (1994). Urbanização extensiva e novas lógicas de povoamento: um olhar ambiental. In SANTOS, M. , SOUZA, M. A. de ; SILVEIRA, M. L. (Ed.),

Território: globalização e fragmentação (pp. 169-181). São Paulo: Hucitec/Anpur, 1996.

MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Rio de Janeiro, FEEMA, 1985.

NOGUEIRA NETO, A. C. **Avaliação de Toxicidade Aguda e Crônica em Águas do Rio Jundiá e em Afluentes e Efluentes da ETE Novo Horizonte, Jundiá, São Paulo**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Tecnologia Nuclear). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ONU. ONU diz que acesso à água potável é direito humano. **Radio das Nações Unidas**, 28/07/2010. Disponível em < <http://www.onu-brasil.org.br>>. Acesso em 13/01/2011.

PEDREIRA, P. T. Município de Feira de Santana: Das Origens às Instalações. Salvador: **Revista Alfa Gráfica e Editora**, 1983.

PEREIRA, J.V.I. Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum. **Economia Global e Gestão**, Abr 2009, vol.14, n^o.1, p.115-126.

Pinheiro, A. Monitoramento e Avaliação da Qualidade das Águas. In: Romero, A. R. (org.). **Avaliação e Contabilização de Impactos Ambientais**. Campinas: Editora da Unicamp, 2004.

PINTO, M.C.F. **Manual:** Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

POMPEU, C.T. Águas Doces no Direito Brasileiro. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Preservação**. 3^a ed. SP: Escrituras Editora, 2006.

PONTES, C. A. A. **Urbe Água Vida:** Ética da proteção aplicada ao estudo das implicações morais no acesso desigual à água potável. 2003. 104 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública/Fiocruz, 2003.

_____; SCHRAMM, Fermin Roland. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 2004, v. 20, n. 5, p. 1319-1327.

PORTUGUES, J.C.; SILVA, R.G. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Acre nos Municípios de Brasiléia e Epitaciolândia.** 2009. Disponível em <<http://economiaufac.org/aguas/index.html>>. Acesso em 20/02/2010.

RÉ, T. M. **O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental da revegetação de áreas mineradas.** 2007. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia). São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

REGO, N. A. C.; BARROS, S.R.; SANTOS, J.W.B. dos. Avaliação Espaço-Temporal da Concentração de Coliformes Termotolerantes na Lagoa Encantada, Ilhéus, Bahia, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do Prodema**, Fortaleza, v. 4, n.1, p. 55-69, jan. 2010. ISSN 1982-5528.

RIZZI, N.E. Índices de qualidade de água. **Sanare.** Revista Técnica Sanepar. Curitiba. v. 15, n. 15. p. 11-20, jan./jun. 2001.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L.; PEREIRA, P.C. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. **Ambient. soc. [online]**. 2005, vol.8, n.2, pp. 147-160. ISSN 1414-753X. doi: 10.1590/S1414-753X2005000200008.

RODRIGUES, E. Histórico Ambiental da Agricultura. **Semina**; Ci Agr., Londrina, v14, n.1, p.28-31, mar 1993.

SANTO, S. M. **A Água em Feira de Santana: Uma Análise do Bairro Rocinha.** 1995. 163 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1995.

SANTO, S. M. O Desenvolvimento Urbano em Feira de Santana (BA). Feira de Santana: **Sitientibus**, n28, p9-20, jan-jun. 2003.

SANTO, S. M.; FERNANDES, R. B.; FALCAO, P. M.; SANTOS, R. L. O impacto da Habitação sobre o meio ambiente: a questão da água em Feira de Santana - Bahia - Brasil. In: Encontro de Geógrafos de América Latina, 12., 2009, Montevideo. **Anais...** Montevideo, 2009.

SÃO PAULO. **Constituição do Estado de São Paulo.** São Paulo (SP): 1989.

SARDINHA, D.S.; CONCEIÇÃO, F.T.; SOUZA, A.D.G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M.; GONÇALVES, J.C.S.J. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão

do meio, Leme (SP). **Revista de Engenharia. Sanitária e Ambiental**.13, 329-338, 2008.

SILVA, L. E. C. da; TELLES, D.D. Projeto Tietê: A Despoluição de um Rio. **Revista da Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia de São Paulo**, s.d. Disponível em < http://www.fatecsp.br/paginas/revista_posgrad.pdf>. Acesso em 15/03/2011.

SILVA, P.A.R.; VALENTE, A.A.; LEITE, M.A.R.M. **Modelagem ambiental e a sustentabilidade**. Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, 1., 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007, 309-315.

SOUZA, C. M. de A. **Estudo da variação da salinidade no curso inferior do Rio Almada, Sul da Bahia**. 2008. 107 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Ilhéus, Universidade Estadual de Santa Cruz/ PRODEMA, 2008.

VALENÇA, J. F. S. **Rio Salgado: Agente de Agravos à Saúde das Populações Ribeirinhas**. 2003. 130 f. (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Ilhéus, Universidade Estadual de Santa Cruz/ PRODEMA, 2003.

SRH. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Habitação. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. PERH-BAHIA. Sistema de Informações Georeferenciadas. Salvador. 2003.

STAMM, H.R. **Metodologia para avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em Projetos de Grande Porte**: Estudo de Caso de uma Usina Termelétrica. 2003. 284 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

SUREN, A.M.; RIIS, T.; BIGGS, B.J.F.; McMURTRIE, S.; BARKER, R. Assessing the effectiveness of enhancement activities in urban streams: I. Habitat responses. **River Research and Applications**, v.21, p.381-401, 2005.

TAUK-TORNISIELO, S.M. et al. **Análise Ambiental**: estratégias e ações. São Paulo: T.A. Queiroz/Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro: SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995.

TELES, R.B.; SILVEIRA, A. Autodepuração de Escoamentos Naturais De Água: Estudo de Caso de Modelagem Matemática em um Trecho do Ribeirão Preto,

Ribeirão Preto-SP. Congreso Interamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, 30., 2006 Punta del Este – Uruguay. **Anais...** Punta del Este – Uruguay, 2006.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de Qualidade de Água em Microbacia sob Uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TOMMASI, L.R. **Estudo de Impacto Ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática, 1993. 354p.

TUCCI, C.E.M.; MENDES, C.A. **Curso de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia** – Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Qualidade Ambiental – Rhama Consultoria Ambiental 2006.

TUNDISI, J. G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. RIMA/IIE, 2003. 247p.

VON SPERLING, E. et al. Esgotos Sanitários. In: BARROS, Raphael T. de V. et al. **Saneamento**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p. (Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios, 2).

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: DESA/UFMG. v.1, 2.ed. 1996. 243p.

WADT, P.G.S.; OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, T.K.; CAVALCANTE, L.M. **Sistema de Aptidão das Terras para Recuperação Ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2004.

YASSUDA, E.R. *Gestão de Recursos Hídricos: Fundamentos e Aspectos Institucionais*. **Revista Administração Pública**. v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solo para fins de mapeamento de fertilidade do solo**. Botucatu, 2001. 114 f. Tese (Livre Docência na Disciplina de Levantamentos de Solos e Fotopedologia), Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu, 2001.

APÊNDICE A

Apêndice A – Estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade da água ao longo da Bacia Olhos D'Água no período de março de 2010 a fevereiro de 2011.

Parâmetro	Ponto Amostral	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
p.H.	P1	5,90	7,00	6,33	6,25	0,31
	P2	6,90	7,90	7,26	7,25	0,27
	P3	7,20	8,10	7,50	7,45	0,24
	P4	7,30	8,10	7,60	7,60	0,22
	P5	7,10	7,90	7,48	7,50	0,23
	P6	7,30	8,10	7,58	7,60	0,21
	P7	7,10	8,00	7,53	7,55	0,23
	P8	7,10	8,00	7,59	7,60	0,23
	P9	7,40	8,20	7,75	7,70	0,21
	P10	6,80	7,70	7,18	7,15	0,26
Cor (mg/l)	P1	5	60	28,33	30	19,35
	P2	20	200	60,83	35	67,21
	P3	20	160	62,50	60	39,57
	P4	20	120	51,67	50	28,23
	P5	20	200	115,00	120	57,92
	P6	40	120	59,17	0	33,70
	P7	20	200	77,50	0	47,12
	P8	30	300	87,50	60	81,25
	P9	20	120	76,36	80	28,03
	P10	60	800	146,67	80	207,38
Turbidez uT	P1	0,30	0,80	0,47	0,35	0,20
	P2	2,30	41,00	11,70	4,15	14,30
	P3	5,20	49,00	17,67	12,50	13,93
	P4	4,10	25,00	9,91	7,55	6,72
	P5	31,3	169,00	59,53	49,00	37,94
	P6	5,06	24,00	10,59	9,15	5,64
	P7	3,80	74,00	19,36	15,00	18,88
	P8	3,90	584,00	61,29	8,50	165,15
	P9	3,70	28,00	11,28	9,70	7,87
	P10	15,00	3168,00	467,17	30,00	1013,13
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	P1	118	508	319,83	333	146,70
	P2	150	514	324,33	348	122,97
	P3	144	590	369,67	376	165,77
	P4	140	534	373,00	413	140,79
	P5	148	640	420,00	445	179,25
	P6	32	646	392,17	448	182,72
	P7	146	744	387,83	378	175,05
	P8	150	738	384,50	375	174,58
	P9	156	640	391,64	390	173,73
	P10	152	620	381,00	376	161,07

Parâmetro	Ponto Amostral	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Oxigênio Dissolvido	P1	3,30	5,20	4,11	4,20	0,57
	P2	1,70	3,60	2,52	2,50	0,59
	P3	0,40	5,90	2,41	2,35	1,61
	P4	0,80	7,80	3,45	3,25	1,67
	P5	0,00	1,60	0,45	0,20	0,56
	P6	0,60	6,70	3,43	3,35	1,55
	P7	0,00	6,40	3,63	4,00	2,06
	P8	0,80	7,00	3,95	4,10	1,63
	P9	3,40	8,00	4,73	4,10	1,35
	P10	0,00	6,40	2,01	1,45	2,05
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l)	P1	0,00	70,00	11,58	7,00	18,62
	P2	0,00	30,00	10,58	10,50	9,12
	P3	15,00	140,00	48,08	29,00	40,02
	P4	5,00	80,00	28,83	25,50	18,80
	P5	30,00	175,00	117,50	132,50	43,82
	P6	2,00	60,00	23,58	22,00	16,43
	P7	4,00	100,00	27,58	16,50	28,25
	P8	10,00	80,00	29,17	23,00	21,00
	P9	0,00	50,00	26,27	30,00	16,18
	P10	15,00	130,00	48,33	42,50	34,40
Condutividade	P1	1086,00	1313,00	1162,50	1133,00	81,45
	P2	1024,00	1464,00	1255,08	1256,00	121,92
	P3	1088,00	1570,00	1241,50	1213,00	139,54
	P4	1110,00	1528,00	1255,42	1234,50	106,87
	P5	1302,00	1610,00	1476,92	1489,00	86,24
	P6	1109,00	1645,00	1302,58	1289,00	132,06
	P7	1099,00	1503,00	1275,08	1251,00	101,97
	P8	1108,00	1501,00	1288,17	1268,50	101,26
	P9	1320,00	1716,00	1412,55	1382,00	114,17
	P10	668,00	1509,00	1128,75	1177,50	251,46
Temperatura (°C)	P1	22	28	25,08	25,5	1,68
	P2	22	31	25,67	26	2,39
	P3	25	30	27,50	28	1,78
	P4	24	29	27,08	27	1,68
	P5	24	31	28,25	29	2,18
	P6	23	30	27,00	28	2,09
	P7	23	32	27,08	27	2,54
	P8	23	32	27,08	27	2,64
	P9	23	32	26,82	27	2,52
	P10	24	30	28,17	29	1,85

Parâmetro	Ponto Amostral	Valor Mínimo	Valor Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Coliformes Totais	P1	16.000	16.000	52.000,00	16.000	65.126,45
	P2	14.000	16.000	51.833,33	16.000	65.229,43
	P3	16.000	160.000.000	31.901.333,00	1.600.000	61.428.553,79
	P4	16.000	160.000.000	23.843.000,00	1.600.000	49.975.327,07
	P5	16.000	160.000.000	49.468.000,00	16.000.000	66.898.541,88
	P6	16.000	160.000.000	18.551.333,33	1.600.000	44.957.087,25
	P7	16.000	24.000.000	6.909.666,67	1.600.000	8.941.874,60
	P8	16.000	160.000.000	30.238.000,00	1.600.000	60.977.177,64
	P9	240.000	160.000.000	30.467.272,73	1.600.000	64.054.434,52
	P10	16.000	160.000.000	19.093.000,00	6.500.000	44.719.182,86
Coliformes Fecais	P1	400	1.600.000	136.166,67	2.300	461.006,82
	P2	260	90.000	17.696,67	9.000	26.526,82
	P3	3.000	30.000.000	4.769.083,33	1.050.000	8.884.882,44
	P4	16.000	24.000.000	3.601.333,33	425.000	7.526.913,13
	P5	16.000	24.000.000	11.668.000,00	11.000.000	7.387.296,02
	P6	16.000	50.000.000	6.916.333,42	22.0000	16.036.416,63
	P7	16.000	2.200.000	854.083,33	750.000	779.442,98
	P8	16.000	50.000.000	5.003.333,33	400.000	14.237.785,13
	P9	14.000	22.000.000	3.710.090,91	1.600.000	6.831.869,18
	P10	16.000	3.000.000	1.117.166,75	530.000	1.188.728,02