



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



PPGM

**MODELAGENS DA MICROBACIA DO RIO COUSA BOA - IGATU -
CHAPADA DIAMANTINA - BAHIA**

DANUSA DA PURIFICAÇÃO RODRIGUES

**FEIRA DE SANTANA (BA)
2012**



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



PPGM

**MODELAGENS DA MICROBACIA DO RIO COUSA BOA - IGATU -
CHAPADA DIAMANTINA - BAHIA**

DANUSA DA PURIFICAÇÃO RODRIGUES

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 do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Marjorie Csekö Nolasco
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Taise Bonfim de Jesus

**FEIRA DE SANTANA (BA)
2012**

DANUSA DA PURIFICAÇÃO RODRIGUES

MODELAGENS DA MICROBACIA DO RIO COUSA BOA - IGATU - CHAPADA DIAMANTINA - BAHIA

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 do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação:

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a Marjorie Csekö Nolasco
(UEFS) - Orientadora

Prof^a. Dr^a Joana Angélica Guimarães Luz
(UFBA - Barreiras) - Examinador externo

Prof. Dr. Antonio Puentes Torres
(UFBA - Salvador) - Examinador externo

Autorizo a divulgação total ou parcial desse trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Rodrigues, Danusa da Purificação

Modelagens da Microbacia do Rio Cousa Boa - Igatu - Chapada Diamantina - Bahia. Feira de Santana (BA), 2012./Danusa da Purificação Rodrigues – Feira de Santana, Bahia, 2012.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Marjorie Csekö Nolasco

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) - Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

1. Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente; 2. Igatu; 3. Microbacia; 4. Modelagem Hidrográfica; 5. Qualidade da Água Superficial.

Dedico este trabalho à minha família, em especial minha vó Maria.

O Rio

*Águas...
Calmamente...
Escorrem ladeira abaixo.
Choram, amarguradamente.*

*Às vezes reflete...
O brilho do sol latente
Debruçado na margem...
Ali canta animosamente.*

*O rio um dia está em pranto,
Noutro agita-se em esperança.
As correntezas levam o passado...
Tristes, alegres e a paixão de criança.*

*Há trechos que são poluídos...
Por dúvidas, angústias, desejos e ânsias.
Novas nascentes trazem outros fluídos...
Águas límpidas, coloridas ondas mansas.*

*O rio que lava o chão...
O sertão, a ilusão, a paixão,
Traz à tona em uns a esperança.
Traz à tona noutros a lembrança.*

Daniel Rosa

SUMÁRIO

<i>Lista de Figuras</i>	v
<i>Lista de Tabelas</i>	viii
<i>Lista de Quadros</i>	ix
<i>Lista de Siglas</i>	x
<i>Resumo</i>	xii
<i>Abstract</i>	xiii
I. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1 Objetivo Geral	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 Localização da Área de Estudo	2
1.3 Trabalhos Anteriores na Área da MCB	3
1.4 Procedimentos Metodológicos	6
1.5 Organização da dissertação	10
II. ÁGUA, RECURSOS HÍDRICOS E BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA DISCUSSÃO TEÓRICO-CONCEITUAL	11
2.1 Usos múltiplos dos recursos hídricos	12
2.2. Bacias Hidrográficas: setorização, diagnóstico e análises	14
2.2.1 Definição de Bacias Hidrográficas e Setorização	14
2.3 Qualidade das Águas: Aspectos Conceituais e Legislação	17
2.4 Poluição e danos causados nos corpos hídricos resultantes das atividades antrópicas	20
2.5. Avaliação da Qualidade da Água	23
2.6. Unidades de Conservação da Natureza	24
III. MICROBACIA DO COUSA BOA (MCB): CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA, GEOAMBIENTAL E SOCIOECONÔMICA	26
3.1 Geologia, Geomorfologia e Solos	26
3.2 Caracterização Climática	29
3.3 Usos do Solo	31
3.4 Características Sócio-Econômicas: Turismo	32

3.5 O Processo de Ocupação, Modificações na Paisagem e Impactos Ambientais Causados pelo Garimpo na MCB	34
3.5.1 <i>Impactos Ambientais Causados pelo Garimpo</i>	38
3.5.1.1 <i>Alterações no Ciclo Hidrológico e Regime Hidrológico</i>	39
3.5.1.2 <i>Qualidade das águas e assoreamento dos rios</i>	40
IV. CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM HIDROLÓGICA DA MCB	43
4.1 Geoprocessamento aplicado a diagnóstico de bacias hidrográficas	43
4.2 Análise morfométrica da rede de drenagem	44
4.2.1 <i>Análise hierárquica da rede de drenagem</i>	45
4.2.2 <i>Análises linear e areal da rede de drenagem</i>	46
4.2.3 <i>Morfometria do relevo</i>	48
4.3 Procedimentos Metodológicos	49
4.4 Características Morfológicas Fluviais da MCB	51
4.4.1 <i>Parâmetros Morfométricos da Rede de Drenagem</i>	55
4.5 Considerações Finais	62
V. QUALIDADE DAS ÁGUAS DA MCB	64
5.1 Significado Ambiental dos Parâmetros Indicadores de Qualidade Físico-Química da Água	64
5.2 Procedimentos Metodológicos	68
5.3 Avaliação dos Parâmetros Físico-químicos da Qualidade da Água na MCB	78
5.4 Considerações Finais	87
VI. MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA	90
6.1 Modelagem e índices de qualidade da água	90
6.2 Procedimentos metodológicos	90
6.2.1 <i>Organização da base de dados</i>	91
6.2.2 <i>Índice da Qualidade da Água de Bascarán</i>	91
6.3 Análise Espacial do Índice de Qualidade da Água na MCB	94
6.3.1 <i>Análise espacial - Superfície contínua</i>	95
6.3.2 <i>Análise espacial - método gráfico</i>	97
6.4 Análise Temporal do Índice de Qualidade da Água na MCB	98
6.5 Considerações Finais	104
VII. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	106
VIII. REFERÊNCIAS	110

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo, com destaque Vila de Iगतu, inserida na microbacia do Rio Cousa Boa.	3
Figura 02: Fluxograma indicativo das etapas metodológicas da pesquisa	6
Figura 03-A: Escala com as categorias e ponderação dos valores de IQA_{Ba} .	9
Figura 03-B: Escala de variação da qualidade de água utilizada no IQA_{Ba} , os valores de ponderação correspondem a cada faixa da categoria, que varia de 0 a 100.	10
Figura 04: Poluição pontual e poluição difusa	22
Figura 05: Conglomerados próximos à foz do Rio Cousa Boa (A e B) e arenitos: (C) próximo à cachoeira da Cadeirinha dos Pombos e (D) na estrada de pedra subindo para a Vila de Iगतu.	27
Figura 06: Área com latossolo, na região do Capa-bode (A) e neossolo litólico, às margens do rio Cousa (B), respectivamente	29
Figura 07: Mapa da situação da MCB no PNCD	31
Figura 08: Casas com padrão construtivo histórico (A e B) e casas com padrão construtivo recente	32
Figura 09: Praça José Gomes da Silva	33
Figura 10: Modificações na paisagem da MCB: (A) Tocas ou locas; (B) Montoeiras de garimpo em área da MCB; (C e D) Barragem construída no Rio Laranjeiras; (E) Ruínas do antigo bairro Luís dos Santos.	38
Figura 11: Fissura aberta por atividade garimpeira entre as rochas, que nos períodos de chuva, serve como escoadouro de água pluvial, constituindo-se em canal retelinizado.	40
Figura 12: Exutório do Rio Cousa Boa, prestes a desaguar no Rio Paraguaçu	41
Figura 13: Metodologia da análise hierárquica segundo Horton e Strahler	46
Figura 14: Principais etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas a partir de dados SRTM	50
Figura 15: Banco de dados geográficos referente à área de estudo	50
Figura 16: Fraturas e cavernas tecnogênicas	51
Figura 17: Diagrama unifilar com os principais rios da MCB	52
Figura 18: Alguns dos principais rios que formam a MCB: Rio dos Pombos (A e B); Córrego do Meio (C) e Rio Tamburi (D)	53
Figura 19: Marmitas encontradas no leito do Rio Cousa Boa. A- Em grupo; B- Marmita com alguns seixos; C- marmita com bloco	53
Figura 20: Comparação entre a rede de drenagem da SEI e geradas a partir de MDT	54

Figura 21: Limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem extraída de forma automática e hierarquização dos trechos e drenagem	56
Figura 22: Perfil longitudinal do Rio Cousa Boa, da nascente (A) até a foz (B)	60
Figura 23: Mapas hipsométrico e de declividade da MCB	61
Figura 24: Distribuição espacial dos pontos de coleta de água, mensais (10) e trimestrais (10) da MCB	70
Figura 25: Etiqueta de identificação para garrafas de recolhimento de amostras de água	69
Figura 26: (P01) Nascente do Rio Laranjeiras	73
Figura 27: (P02) Nascente Rio Tamburi	73
Figura 28: (P03) Nascente do Córrego Vitorino	73
Figura 29: (P04) Rio Trianguinho	73
Figura 30: (P05) Encontro rios Trianguinho, Tamburi e Vitorino	73
Figura 31: (P06) Após Cachoeira Córrego do Meio	74
Figura 32: (P07) Antes da Cachoeira Córrego do Meio	74
Figura 33: (P08) Próximo à Cachoeira das Cadeirinhas dos Pombos.	74
Figura 34: (P09) Local conhecido como Poço do Brejo	74
Figura 35: (P10) Local conhecido como Madalena de Cima, próximo à Pousada Flor de Açucena	74
Figura 36: (P11) Local conhecido como Madalena de Cima, ponto antes da Pousada Flor de Açucena	74
Figura 37: (P12) ponte sobre o Rio Cousa Boa (entre as Madalenas de Cima e de Baixo)	75
Figura 38: (P13) Local de saída dos efluentes (esgoto) da Vila de Iगतu no Rio Cousa Boa	75
Figura 39: (P14) Abaixo de uma das saídas de esgoto da Vila de Iगतu	75
Figura 40: (P15) Local próximo à antiga usina de energia elétrica no Rio Cousa Boa. Águas transparentes e avermelhadas sobre afloramentos areníticos da Formação Tombador	75
Figura 41: (P16) Local próximo às ruínas Luís dos Santos.	76
Figura 42: (P17) Local de encontro de vários rios antes de desaguar no Rio Cousa Boa	76
Figura 43: (P18) Caba Saco	76

Figura 44: (P19) Local de encontro de vários rios com o Cousa Boa, antes de desaguar no Rio Paraguaçu	76
Figura 45: (P20) Ponte sobre a rodovia BA 142, sobre o Rio Cousa Boa, prestes a desaguar no Paraguaçu	76
Figura 46: Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente	79
Figura 47: Valores médios do parâmetro turbidez analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1	80
Figura 48: Caba Saco	81
Figura 49: Valores médios do parâmetro sólidos totais analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1	81
Figura 50: Águas com coloração escura ou cor “coca-cola”	82
Figura 51: Valores médios do parâmetro pH analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1	83
Figura 52: Poço do Brejo	84
Figura 53: Valores médios do parâmetro OD analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1	84
Figura 54: Valores médios do parâmetro DBO analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1	85
Figura 55: Valores médios do parâmetro condutividade analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.	86
Figura 56: Representação espacial do IQA_{Ba} ao longo da MCB	95
Figura 57: Valores do IQA_{Ba} obtidos na área de influência da Vila de Iगतu, na MCB.	97
Figura 58: IQA_{Ba} no P08, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	99
Figura 59: IQA_{Ba} no P09, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	99
Figura 60: IQA_{Ba} no P10, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	100
Figura 61: IQA_{Ba} no P11, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	100
Figura 62: IQA_{Ba} no P13, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	101

Figura 63: IQA _{Ba} no P14, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	102
Figura 64: IQA _{Ba} no P15, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	102
Figura 65: IQA _{Ba} no P16, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	103
Figura 66: IQA _{Ba} no P19, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	103
Figura 67: IQA _{Ba} no P20, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Porcentagens das classes de declividade e tipos de relevo de acordo com Embrapa (2006)	49
Tabela 02: Hierarquia da MCB com número de seguimento de canais para cada ordem hierárquica e seu comprimento total	55
Tabela 03 – Hierarquia dos canais, número de canais e o índice de bifurcação da MCB	57
Tabela 04: Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.	59
Tabela 05: Análises das características hipsométricas da MCB, Igatu – BA.	59
Tabela 06: Porcentagens das classes de declividade e tipos de relevo da MCB	61
Tabela 07: Resumo das características da MCB.	62
Tabela 08: Variáveis de qualidade das águas, monitoradas e limites individuais para os parâmetros físicos e químicos em cada uma das classes de enquadramento dos corpos hídricos na resolução CONAMA 375/2005.	68
Tabela 09: Pontos de coletas das amostras de água, nome, descrição e localização geográfica do corpo d'água na MCB	71
Tabela 10: Correspondência do resultado qualitativo de acordo com o resultado numérico de cálculo do Índice de qualidade da Água (IQA _{Ba})	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Dados utilizados na pesquisa	08
Quadro 02: Classificação das águas doces de acordo com a resolução CONAMA 357/2000	19
Quadro 03: Balanço Hídrico mensal e anual do município de Andaraí	30
Quadro 04: Parâmetros lineares e areais, baseado em Christofolletti (1980)	47
Quadro 05: Parâmetros hipsométricos, baseado em Christofolletti (1980)	48
Quadro 06: Origem dos nomes dos rios que compõem a MCB, através de informação de morador local	52
Quadro 07: Equipamentos em campo e métodos de análise da qualidade da água utilizados nessa pesquisa	77
Quadro 08: Classificação dos parâmetros físico-químicos da MCB pela Resolução CONAMA nº 357/2005	88
Quadro 09: Valores percentuais e pesos atribuídos aos parâmetros de qualidade de água para cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA_{Ba}), de acordo com o Método Bascarán (1979).	93

LISTA DE SIGLAS

A	Área da Bacia
ANOVA	Análise Multivariada
CE	Condutividade elétrica
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental
CF	Coliformes fecais
Cm	Coeficiente de manutenção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CT	Coliformes totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
<i>Dd</i>	Densidade de Drenagem
Def	Deficiência Hídrica
<i>Dr</i>	Densidade de Rios
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ep	Evaporação Potencial
Exc	Excedente
F	Fator Forma
GPS	Sistema de Posicionamento Global
Hm	Amplitude Altimétrica Máxima
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<i>Ic</i>	Forma da Bacia
IED	Índice de diversidade de espécies
IET	Índice do estado trófico
IPHAN	Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQA _{Ba}	Índice de Qualidade de Água de Bascarán
Ir	Índice de Rugosidade
IT	Índice de Toxicidade

Kc	Coefficiente de Compacidade
L	Comprimento da Bacia
Lm	Comprimento do Canal Principal
MCB	Microbacia do Rio Cousa Boa
MDT	Modelo Digital do Terreno
NSF	National Sanitation Foundation
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Perímetro da Bacia
P	Pluviosidade
PARNA	Parque Nacional
PDI	Processamento Digital de Imagem
pH:	Potencial Hidrogeniônico
PNCD	Parque Nacional da Chapada Diamantina
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
Rr	Relação de Relevô
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
T	Temperatura

RESUMO

O objetivo desse estudo foi modelar a Microbacia do Causa Boa (MCB), região de Igatu, Bahia especialmente quanto as características hidrográficas e a qualidade físico-química das águas superficiais. A MCB está 85% no Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), caracterizando-se como classe especial, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. Os 15% restantes abrangem a Vila de Igatu e arredores, parcialmente tombada pelo Patrimônio Histórico. Antiga região garimpeira de diamantes, a Vila atualmente desenvolve o turismo como atividade econômica. Este trabalho delimitou a microbacia e a rede de drenagem, utilizando Modelo Digital do Terreno (MDT), estruturou banco de dados com informações da MCB e da água nos pontos de coleta, analisando-o através do geoprocessamento. A qualidade físico-química foi baseada em vinte pontos de coleta trimestral e dez mensais, contemplando áreas de nascentes, com pouca interferência humana, de recreação de contato primário, lançamento de efluentes e áreas próximas à foz. Os parâmetros de qualidade da água utilizados nesta pesquisa foram: turbidez e temperatura da água, sólidos totais, pH, fosfato total, nitrato total, demanda bioquímica de oxigênio, condutividade, oxigênio dissolvido e salinidade, analisados estatisticamente e modelados pelo Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_{Ba}). A bacia é de 5ª ordem, tendo o rio principal uma extensão de 10 km de acordo com a hierarquia de Strahler, com 253 de canais de escoamento, uma área de drenagem de 50,04 Km² e o perímetro de 36,77 Km. A relação de bifurcação encontrada indica forte dissecação nos canais. O fator de forma da bacia e o coeficiente de compacidade indicam uma bacia alongada, que favorece dispersão de poluentes. Os gradientes altimétricos apresentam um desnível topográfico superior a 1000m. Verifica-se um comportamento físico-químico semelhante em todos os pontos caracterizando seu background. O pH é anômalo e característico da bacia apresentando valores médios abaixo de 6,0. Observa-se um decréscimo de qualidade de montante para jusante, à medida que se tem a entrada dos efluentes provenientes da Vila de Igatu. À montante as nascentes, com pouca interferência humana e com boa qualidade da água, mesmo em período seco, refletem as características naturais da área de estudo. A modelagem permitiu identificar pontos críticos bem como evolução da qualidade nos pontos analisados, tornando melhor a apresentação dos dados ao leitor e à comunidade.

PALAVRAS-CHAVE: 1. Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente; 2. Igatu; 3. Microbacia; 4. Modelagem Hidrográfica; 5. Qualidade da Água Superficial.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality of surface watershed Cousa Boa (MCB), Bahia, which is about 85% in the National Park of Chapada Diamantina, and the other percentage is the Village of Igatu. The latter is an area listed as a Historic Cultural Heritage, former old mining region of diamonds that is currently developing ecotourism as an economic activity. The environmental informations of water quality and characterization of watershed (MCB) are important for community organizations, as support of public policies for water resources management in the region. For this, it was necessary to delineate the watershed and drainage system, mainly using the Digital Terrain Model (DTM), structuring a database with information of the watershed studied, data of water quality of the collection points, analysis of the characteristics physical of MCB. Was used GIS, fieldwork, laboratory to collect and analyze samples of physicochemical and microbiological. The water quality parameters selected for this study were: turbidity and temperature of the water, total solids, total phosphate, total nitrate, biochemical oxygen demand, conductivity, dissolved oxygen, total coliforms and thermotolerant. They are being analyzed by multivariate statistical then modeled from the Water Quality Index of Bascarán (IQAb). According to the main results of the indices used for morphometric characterization has: 5th order watershed, whose main river has a length of 10 km according to the hierarchy of Strahler, with 253 drainage channels, a drainage area of 50.04 km² and a perimeter of 36.77 km. In regard to the ratio found for each bifurcation order of the channels, it is stated that most channels have strong dissection. The form factor of the basin is 4.06 and the coefficient of compactness is 1.46, and these values indicate that the basin does not have a format similar to the circumference, corresponding, therefore, an elongate watershed, allowing higher speed in the dispersion of pollutants and not prone to flooding. The analysis of altimetric gradient of the basin is important because it shows that the study area has a declivity of more than 1000m, with minimum altitude of 824m and a maximum of 1327m. The study presents in progress, and incomplete analysis of water quality data and modeling to be used.

KEYWORDS: 1. Modelling in Earth Sciences and Environment; 2. Igatu; 3. Watershed; 4. Watershed modeling; 5. Surface Water Quality

I. INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida no planeta Terra, em especial ao homem, no que tange ao abastecimento para consumo humano, ao desenvolvimento das atividades industriais e agrícolas e ainda à vida dos animais e vegetais. Contudo, é um recurso vulnerável às modificações no ambiente de origem, por onde percolam ou onde são armazenadas, devido aos diferentes usos e ocupações dados pelas ações humanas, conforme explicita Rebouças (2006).

Em se tratando de “águas doces”, as bacias hidrográficas aparecem como unidade de gestão, na qual se estabelece os usos múltiplos que podem vir a interferir na qualidade das águas.

Para caracterizar a qualidade da água são utilizados diversos parâmetros, os quais representam as características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores de qualidade e representam impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Um dos índices que pondera estes parâmetros é o Índice de Qualidade de Água (IQA), definido no Brasil pela resolução CONAMA 357/2005. Por meio deste índice, é possível estabelecer níveis e padrões de qualidade que enquadram os cursos d’água em classes.

Esta pesquisa foi realizada em Iगतu, que significa "água boa" e é uma antiga região garimpeira de diamantes, hoje modificada em seu padrão hídrico original, mas há cerca de 50 anos, sem atividades econômicas comprometedoras da qualidade (extrativismo vegetal (sempre-vivas) e remanescentes de garimpo de diamantes). Atualmente, encontra-se nos limites do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) e é por ele abraçada, sendo área tombada pelo Patrimônio Histórico. Tais informações ambientais de qualidade da água e a caracterização da Microbacia do Rio Cousa Boa (MCB) são importantes para a população, suas organizações comunitárias e as autoridades públicas gerirem de forma sustentável os recursos hídricos da região.

Além disso, o turismo está se transformando em principal atividade na região, o que ratifica a necessidade de monitoramento da qualidade das águas da área de estudo, com vistas a determinar seu background atual, controlar e evitar contaminações futuras dos recursos hídricos, garantindo a qualidade de vida da população e a sustentabilidade da atividade turística.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Modelar a Microbacia do Cousa Boa (MCB), região de Igatu, Bahia especialmente quanto as características hidrográficas e a qualidade físico-química das águas superficiais.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estruturar um banco de dados com informações da bacia hidrográfica em estudo e dados da qualidade da água nos pontos de coleta em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG);
- ✓ Apresentar aspectos ligados à descrição do processo de ocupação, modificações na paisagem e impactos ambientais causados pelo garimpo;
- ✓ Classificar as águas superficiais de acordo com a resolução CONAMA 357/2005;
- ✓ Disponibilizar para a comunidade os dados gerados em índices de qualidade, bem como auxiliar na implementação de ações que visem o uso racional dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

1.2 Localização da Área de Estudo

O município de Andaraí possui uma área territorial de 1.586 km², limitando-se ao leste com os municípios de Ibiquera, Nova Redenção e Itaetê, ao sul, com Iramaia e Ibicoara, ao oeste, com Mucugê e ao norte, com Lençóis e Lajedinho. O referido município está localizado na região de planejamento da Chapada Diamantina do Estado da Bahia, com uma população total de 14.609 habitantes, de acordo com IBGE (2007) e o Território de Identidade Chapada Diamantina.

O distrito de Igatu, pertencente ao supracitado município, tem como sede a vila de mesmo nome, que significa “água boa”, fundada por garimpeiros no século XIX, localizando-se nas coordenadas UTM, datum SAD-69: 0248439 e 8573223, e a uma altitude de 690m. Situa-se nos limites do PNCD, tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e, de acordo com Santos (2010), possui uma população de aproximadamente 380 habitantes entre nativos

e não-nativos. Para Nolasco (2000), a vila tinha no garimpo sua principal fonte de renda, predominantemente substituída pelo turismo, embora ainda haja garimpo artesanal de serra em pequena escala. O acesso à vila a partir de Salvador é efetuado pelas rodovias BR-324, BR-116, BR-242 e BA-142, distando 410 Km da capital baiana e 310 Km de Feira de Santana, aproximadamente. (Figura 01)

A MCB banha Igatu e é pertencente à bacia do Paraguaçu, maior rio exclusivamente baiano. Encontra-se localizada entre as coordenadas UTM, datum SAD-69: latitude sul 247150 e 249702 e de longitude oeste 8578320 e 8565662 e uma altitude média de 824m. Salienta-se que a área de estudo se encontra quase totalmente inserida no PNCD.

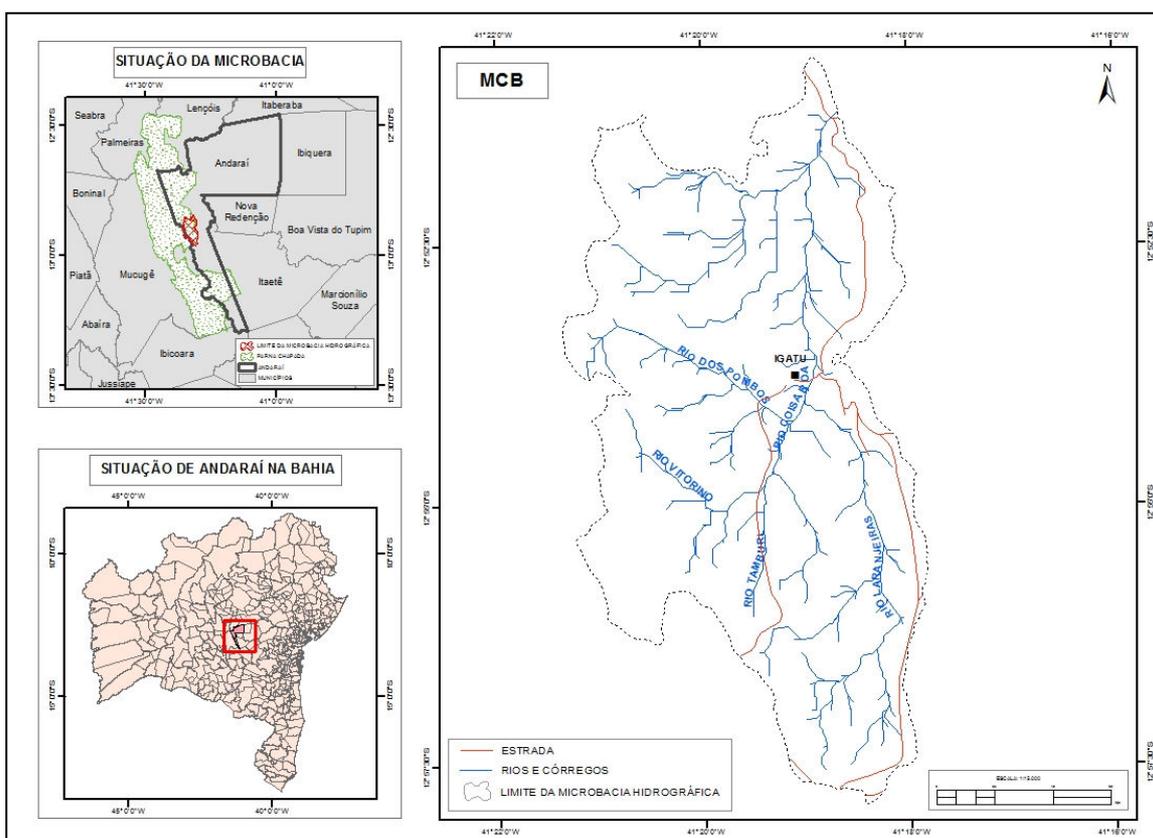


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo, com destaque Vila de Igatu, inserida na microbacia do Rio Causa Boa.

1.3 Trabalhos Anteriores na Área da MCB

Estudos variados foram desenvolvidos na área que envolve a MCB, dentre os quais destaca-se: Nolasco (2002), Andrade (2005), Carvalho (2008), Oliveira e Silva (2009), Souza (2010).

Nolasco (2002) estudou os registros geológicos gerados pelo garimpo, Lavras Diamantinas, Bahia, envolvendo os municípios de Palmeiras, Andaraí, Mucugê e Lençóis, abrangendo uma área de 1625 Km². Esses limites contêm a parte norte do Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), as cidades sedes dos municípios citados, acrescidas dos povoados de Igatu (Andaraí) e Campos de São João (Palmeiras). A autora afirma que as ações e registros geológicos do homem são principalmente sedimentares propondo-se, nesse trabalho, uma classificação independente, denominada tecnogênica. Conclui que a região foi completamente modificada pelo garimpo, em especial tendo sofrido: rebaixamento topográfico, perda de vegetação e aquíferos em três ciclos econômicos garimpeiros. Afirma ainda, que os depósitos recentes em qualquer região, devem ser estudados tendo como uma de suas bases, a história de ocupação humana, visto que, sem esta, a interpretação sedimentar e estratigráfica e de evolução ambiental pode ficar comprometida. Apresenta uma modelagem evolutiva para a bacia do Rio São José em Lençóis, que sugere ser um modelo para as bacias da região.

Andrade (2005) em seu estudo procurou compreender de forma geral, a percepção dos moradores da vila de Igatu quanto à memória, o turismo e o imaginário, através da adoção de instrumentos metodológicos de representação espacial, levando em conta a influência do pensamento, da imaginação e dos sentimentos na produção da estrutura do espaço local para uso turístico. Especificamente, buscou-se caracterizar as áreas de visitação turística, compreender os sentidos que os moradores dão ao ambiente, identificar os significados dos espaços turísticos e as diferentes manifestações do místico na paisagem, além de verificar a aplicabilidade dos mapas mentais como parâmetro para o planejamento turístico da localidade. Como principais conclusões, verificou-se que o resgate destas informações pode contribuir para tomadas de decisão locais, nos âmbitos político, administrativo e socioeconômico, com ênfase no planejamento turístico.

Ainda segundo a supracitada autora, confirma-se que a atividade do turismo é importante para o renascimento da vila, tanto no aspecto econômico, quanto social e cultural. É um local dotado de singularidades e um patrimônio ambiental rico, além de toda uma aura mística que envolve o lugar. A carência ainda é grande quando se fala do bem-estar da população remanescente. Assim,

a memória, identidade, o místico e o imaginário são representações culturais presentes na paisagem descortinada de Igatu, onde o turismo e todas as suas relações são bem-vindos em busca de uma consolidação em bases consideradas sustentáveis.

Carvalho (2008) realizou um estudo que teve como objetivo principal modelar espacialmente e avaliar o potencial turístico de antigas trilhas garimpeiras na Vila de Igatu, Chapada Diamantina, Bahia. Constatou-se que todas doze trilhas analisadas, apresentam um grande valor geológico e histórico, fortemente ligados, o que produz um intenso conteúdo ambiental, patrimonial, arqueológico, de cultura, identidade e memória para a comunidade tradicional garimpeira da Chapada e a história da mineração.

Oliveira e Silva (2009) realizaram estudo que teve como objetivo analisar as trilhas do distrito de Igatu-Ba, utilizando imagens obtidas pelo Sensoriamento Remoto. Para tanto, foram utilizados o Modelo Digital do Terreno (MDT) e a imagem de satélite com vistas à identificação e análise de áreas com potencialidades relacionadas ao turismo no distrito de Igatu. As autoras geraram produtos que auxiliam a análise de trilhas, quanto a observação do grau de dificuldades, o horário mais apropriado que proporcionasse conforto térmico e a sensação de bem-estar aos visitantes. As considerações desse trabalho reforçam que as informações relativas ao relevo são de extrema importância pois podem ser utilizadas na avaliação das trilhas, para preservação ou minimização de impactos, no levantamento dos atrativos turísticos, formando um banco de dados cujas informações ao serem integradas, permitem a obtenção de novos cenários que servirão para o planejamento turístico.

Souza (2010), cuja pesquisa também foi desenvolvida em Igatu, objetivou avaliar bacteriologicamente as águas de locais mais utilizados para recreação e consumo. Foram amostrados dez pontos entre março de 2007 e agosto de 2008, sendo cinco pontos de águas destinadas ao consumo humano e cinco recreacionais. A análise consistiu na aplicação da técnica dos tubos múltiplos, inoculando diluições das amostras no meio de cultura Colilert. Os resultados das análises das amostras foram comparados aos padrões normatizados pela Portaria 518, Ministério da Saúde, e Resolução 274, CONAMA, que determinam a quantidade do microrganismo *Escherichia coli* que pode estar presente nas águas sem causar danos à saúde. Dessa forma, foram detectados contaminação nos

seguintes locais: Praça José Gomes da Silva, rua da Carapuça, Madalena de Baixo e Córrego do Meio. Logo, estes locais não estão apropriados para consumo e recreação.

1.4 Procedimentos Metodológicos

Neste item são descritos, de forma geral, os procedimentos envolvidos nessa pesquisa, relativos à avaliação da qualidade da água e à modelagem aplicada na MCB. As etapas desta pesquisa envolvem: (I) pesquisa bibliográfica, (II) construção da base de dados georreferenciados da área de estudo, (III) trabalho de campo, (IV) análise laboratorial, (IV) análise estatística dos dados e (V) modelagem dos parâmetros de qualidade da água. (Figura 02)

Cabe salientar, que os capítulos subseqüentes, apresentarão os procedimentos detalhados, utilizados para cada etapa.

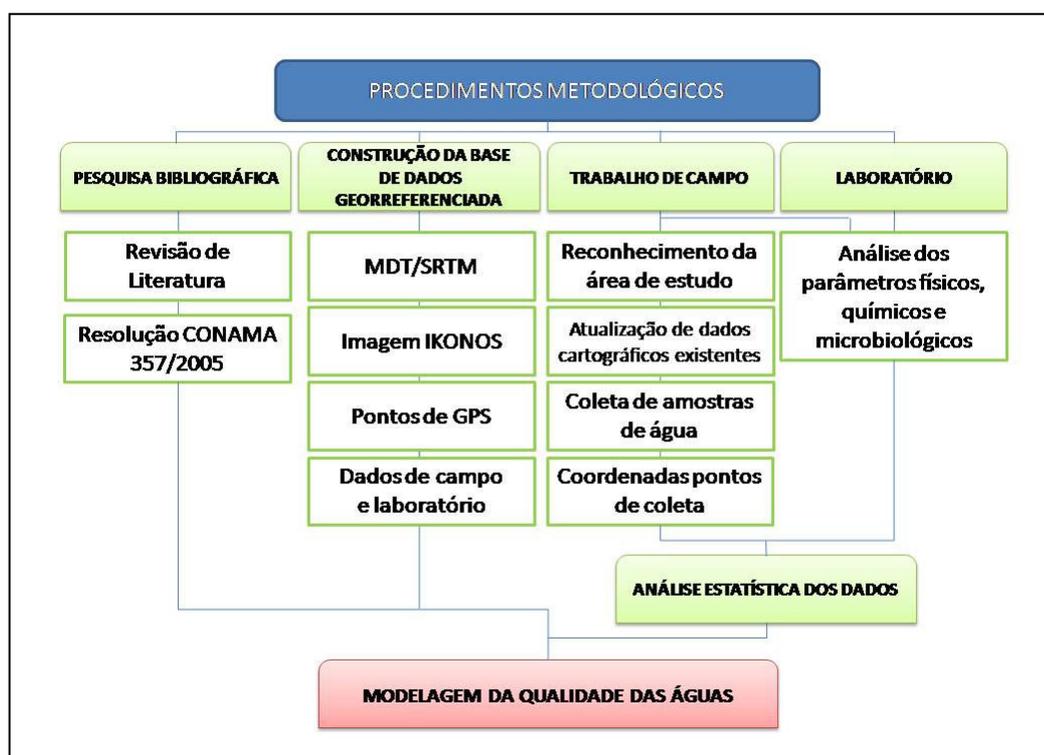


Figura 02: Fluxograma indicativo das etapas metodológicas da pesquisa

- (I) PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica serviu de subsídio à análise proposta na

microbacia hidrográfica do Rio Cousa Boa, trazendo conteúdos referentes a usos múltiplos dos recursos hídricos, qualidade das águas dos rios, variáveis indicadoras de qualidade da água, bacias hidrográficas, modelagem da qualidade de águas bem como melhor conhecimento do objeto de estudo: a MCB, através de uma revisão de literatura.

A base legal para análise de parâmetros de limites aceitáveis de qualidade das águas foi a Resolução CONAMA 357/2005, considerando os seus usos. Os parâmetros escolhidos para análise da água são aqueles que traduzem as principais características físicas e químicas.

- (II) CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADOS

A construção da base de dados georreferenciados teve as seguintes etapas: levantamento cartográfico de dados digitais preexistentes da área de estudo; delimitação da microbacia hidrográfica, a partir da geração de subprodutos do MDT/SRTM; pontos de GPS e dados tabulares referentes aos dados de análise da qualidade da água da MCB.

O levantamento cartográfico de dados digitais preexistentes foi realizado com o intuito de obter mapas temáticos de elementos da área de estudo. Esses dados foram capturados, armazenados, manipulados (Quadro 01), os quais permitiram a análise espacial.

A delimitação da microbacia hidrográfica foi realizada através do Modelo Digital do Terreno (MDT), disponibilizado gratuitamente na internet e o processo de delimitação automática da bacia hidrográfica foi desenvolvido no aplicativo ArcGIS.

Quadro 01: Dados utilizados na pesquisa

TIPO DE DADO	FONTE/ESCALA	OBJETIVO
Imagem Ikonos (Imagem Óptica)	-Arquivo cedido pelo projeto - Resolução 0,60m	- Identificar feições na área de estudo; - Contribuir para atualização e identificação da hidrografia.
Modelo Digital de Elevação (MDT)	- SRTM/NASA - Resolução 30m	- Delimitação da bacia hidrográfica; - Mapa declividade -Mapa altimetria
Pontos de controle em campo	-GPS (Global Position System);	- Identificação de pontos de coleta de água; - Validação de drenagens geradas de forma automática pelo MDT;
Fotografias Digitais	- Câmera Digital Fotográfica;	- Ilustração da área de estudo, compondo o acervo bibliográfico;
Hidrografia	SEI 1:100.000	- Comparar com a rede hidrográfica gerada pelo SRTM.

- (III) TRABALHO DE CAMPO

A etapa de campo foi fundamental para desenvolvimento da pesquisa. Assim, foi possível: reconhecer a área de estudo; atualizar os dados cartográficos disponíveis; escolher pontos para coleta de água (locais e datas); verificar condições de acesso dos locais de amostragem do rio; verificar a conformidade dos dados levantados com a realidade; medir parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, através de equipamentos em campo; coletar, armazenar e transportar amostras para análises em laboratório.

- (IV) ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para análise estatística dos dados, utilizou-se: média aritmética, Análise Multivariada (ANOVA) a partir do programa STATISTICA 6.0 (Statsoft, Inc.), com o objetivo de aproveitar melhor os dados e garantir que os resultados refletissem a realidade. Todos os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA Nº. 357 de 17 de março de 2005.

- (V) MODELAGEM DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

Para a modelagem da qualidade das águas, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_{Ba}) (Báscarán, 1979 apud Rizzi, 2001), que retrata, de acordo com Von Sperling (2007), através de um índice único global, a qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento. Este facilita a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, para especialistas ou para a população.

O IQA_{Ba} retrata condições de péssima a boa (Figura 03-A), podendo ter seu resultado expresso conforme afirma Von Sperling (2007), em mapas hidrográficos com escalas de cores nos trechos dos cursos d'água para cada faixa de valor do índice, tornando a comunicação mais fácil e direta com o público. A seguir, é apresentada a fórmula do índice de qualidade (IQA_{Ba}). (Figura 03-B)

CATEGORIA	PONDERAÇÃO
Boa	$91 \leq IQA \leq 100$
Aceitável	$61 \leq IQA < 91$
Regular	$31 \leq IQA < 61$
Ruim	$16 \leq IQA < 31$
Péssima	$0 \leq IQA < 16$

Figura 03-A: Escala com as categorias e ponderação dos valores de IQA_{Ba} .

Onde:

C_i = valor percentual correspondente ao parâmetro.

P_i = peso do parâmetro.

K = constante de ajuste em função do aspecto visual das águas, representando a impressão subjetiva de qualidade da água

$K=1,00$

Para águas claras sem aparente contaminação

$K=0,75$

Para águas com ligeira cor, espuma, ligeira turbidez aparente não natural

$K=0,50$

Para águas com aparência de estarem contaminadas e com forte odor

$K=0,25$

Para águas negras que apresentam formatações e fortes odores.

$$IQA_B = K \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}$$

Figura 03-B: Escala de variação da qualidade de água utilizada no IQA_{Ba} , os valores de ponderação correspondem a cada faixa da categoria, que varia de 0 a 100.

1.5 Organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se estruturada em sete (07) capítulos. O primeiro deles apresenta de forma geral questões relacionadas à água, à bacia hidrográfica enquanto unidade de gestão, ressaltando os objetivos dessa pesquisa, bem como aspectos metodológicos e trabalhos já realizados na área de estudo. Em seguida, o segundo capítulo aborda os fundamentos teóricos conceituais, considerados basilares para alcançar os objetivos propostos. Já a caracterização geral da área de estudo, o processo de ocupação, modificações na paisagem e impactos ambientais causados pelo garimpo na MCB é apresentado no capítulo seguinte. O estudo das características morfológicas fluviais da MCB, a partir da aplicação do geoprocessamento e apresentado no capítulo quarto. O capítulo 5 apresenta e discute os resultados da avaliação da qualidade das águas da MCB e a modelagem realizada a partir dos resultados de qualidade da água é apresentada no capítulo seguinte. E, finalmente no último capítulo, têm-se as considerações finais apresentadas a partir dos resultados alcançados.

II. ÁGUA, RECURSOS HÍDRICOS E BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA DISCUSSÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

Os termos água e recursos hídricos são muitas vezes tratados como sinônimos. A água é o elemento natural presente em toda natureza, desvinculado de qualquer uso ou utilização (Rebouças, 2006). A água pode ser encontrada na natureza nos estados sólido, líquido e gasoso, a qual é renovada pelos processos do ciclo hidrológico, cuja fonte de energia externa é o sol. As águas líquidas estão armazenadas nas diversas fontes hídricas, como mares, oceanos, rios, lagos, dentre outros, as quais são classificadas mundialmente como doces, salgadas ou salobras.

A partir dessa classificação e observando a distribuição do volume total das águas no planeta, a água salgada representa 97,5% enquanto que a água doce é de apenas 2,5%. Ao observar a distribuição da água doce nos reservatórios, nota-se que 68,9% dessa água estão nas calotas polares e geleiras; 29,9% nas águas subterrâneas; 0,3% nos rios e lagos; e 0,9% em outros reservatórios.

O termo recurso hídrico, conforme Rebouças (2006), é a consideração da água como bem econômico, passível de utilização para tal fim. Assim, somente é considerado recurso hídrico, aquela água que tem viabilidade econômica. A maior demanda de água é aquela classificada como doce, para suprir as necessidades de desenvolvimento econômico e do bem-estar social. Com os crescimentos populacional e de produção impulsionados desde a Revolução Industrial do século XVIII, a demanda de água de boa qualidade, gera crise e conflitos pelo recurso hídrico, ao passo que as ações humanas comprometem sua qualidade. Assim, como afirmam Braga e Hespanhol (2006), o intenso uso da água e a conseqüente poluição gerada, contribuem para agravar sua escassez e geram, como conseqüência, a necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade da água.

De acordo com Conte e Leopoldo (2001), a água é um recurso natural essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, considerado inesgotável em quantidade, uma vez que se renova constantemente por meio do ciclo hidrológico.

As alterações da qualidade das águas superficiais podem ser quantificadas e analisadas a partir de uma escolha de unidade territorial adequada como, por exemplo, a bacia hidrográfica.

Com base no exposto, a discussão teórica dessa pesquisa será apresentada a partir dos usos múltiplos dos recursos hídricos; bacias hidrográficas; qualidade das águas: aspectos conceituais, legislação e parâmetros indicadores de qualidade das águas; avaliação da qualidade da água e unidades de conservação da natureza.

2.1 Usos múltiplos dos recursos hídricos

A água é um recurso natural de múltiplos usos e vulnerável às ações antrópicas, visto que pode ser utilizada de várias maneiras. Os setores usuários da água são tão diversos, tanto quanto suas aplicações. Dentre as diversas formas enumeradas por Mota (1995), podem-se citar: abastecimento humano e industrial, irrigação, recreação e lazer, uso estético, pastoril, preservação da flora e da fauna, geração de energia elétrica, transporte, diluição e afastamento dos despejos.

De acordo com Derisio (1992), os usos supracitados podem ser subdivididos em dois grupos: consuntivos e não-consuntivos. Os usos consuntivos são aqueles que impõem a retirada de água das coleções, com retorno parcial e frequentemente exigem tratamento da água antes de sua utilização, face aos seus requisitos de qualidade. Não-consuntivos são definidos como aqueles que não necessitam retirar as águas das coleções hídricas e como afirma Pereira (2004), não alteram sua qualidade, mas pode alterar o regime, o que acontece, por exemplo, com a construção de barragens de regularização de vazões. Dessa classificação, serão destacados dois (2) usos que existem na microbacia estudada: abastecimento público (consuntivo) e recreação e lazer (não-consuntivo), os quais serão apresentados de acordo com Derisio (1992):

- O abastecimento humano ou doméstico é o uso mais nobre da água, considerando-se não só a água para beber, essencial à manutenção da vida, como também aquela necessária à limpeza de utensílios e habitações, à higiene pessoal, ao cozimento de alimentos, à

irrigação de jardins, à lavagem de pisos, ao combate a incêndios e a limpeza de ruas.

Quando a comunidade está adensada, a água necessária as suas atividades é suprida por sistemas urbanos ou coletivos de abastecimentos, que demandam tratamentos que podem ser convencionais ou mais eficientes. Os tratamentos convencionais exigem que a água bruta esteja dentro de um determinado padrão de qualidade e são: floculação, decantação, filtração e desinfecção. Quando as características da água “*in natura*” estão fora dos padrões de qualidade para tratamento, esta exige procedimentos mais eficientes que são geralmente anti-econômicos.

- Na recreação e no lazer predominam dois tipos de atividades: as de contato primário (que exigem condições mais restritivas de qualidade da água, por oferecer risco à saúde humana) e secundário. Existem também situações em que a água é utilizada para fins de composição do ambiente, isto é, fins paisagísticos.

Observa-se que a utilização dos recursos hídricos é imensa e não foi contemplada na listagem apresentada por Braga (1995). Tais usos e a influência na degradação da quantidade e qualidade da água estão baseados no modelo de desenvolvimento econômico, que induz a padrões e ritmos de exploração superiores à velocidade de regeneração dos recursos hídricos, gerando desequilíbrio entre demanda e disponibilidade.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Nº 9.433/1997, o uso múltiplo das águas deve ser condicionado pela gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, necessita-se de um modelo criterioso de gestão, com base nos princípios gerais de gestão ambiental, de modo a permitir o mais amplo aproveitamento.

Outro aspecto a considerar na utilização múltipla de recursos hídricos são os conflitos de uso, que são gerados a partir de um aumento na quantidade de atividades que demandam o uso da água. Para Mota (1995), conflitos de uso são os problemas que determinada atividade pode ocasionar a outros usos, chegando muitas vezes a torná-los conflitantes, tendo consequências maléficas ao homem e ao ambiente.

Em se tratando dos conflitos de uso dos recursos hídricos e os impactos gerados a partir dos usos múltiplos, Tundisi et al (2006) afirma que:

A qualidade das águas superficiais, subterrâneas e da biota aquática no Brasil está submetida a um conjunto de impactos de origem antropogênica derivados dos efeitos diretos e indiretos dos usos múltiplos das bacias hidrográficas, com conseqüências de curto e longo prazo, com condições de alterar substancialmente a biota aquática e os fluxos entre os compartimentos e produzir, em alguns casos, degradações irreversíveis no sistema. (TUNDISI et al, 2006, p. 742)

De acordo com o supracitado autor, as principais conseqüências dos impactos dos usos múltiplos das bacias hidrográficas e das águas superficiais e subterrâneas no Brasil são: eutrofização, depleção dos volumes, poluição orgânica, sedimentação de rios lagos e represas, poluição agroindustrial, hidroeletricidade, poluição urbana, aumento no custo do tratamento da água, dentre outros. Estes impactos modificam a qualidade e quantidade da água e podem ser condicionados por processos regionais e locais, sendo válidos também para questões globais.

Assim, tais usos contribuem para que a água, principalmente a potável, mostre-se como um recurso escasso, cuja crise já é significativa.

2.2. Bacias Hidrográficas: setorização, diagnóstico e análises

A PNRH (lei 9.433/97) incorpora questões sobre a gestão de recursos hídricos, em que a bacia hidrográfica é adotada como unidade de estudo e gestão, portanto se constitui como umas das formas de planejar o espaço e, Botelho e Silva (2007), a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde os fins dos anos 60. Ainda pode ser setorizada em subbacias e microbacias, apresentando conceituação diferenciada, além de poder ser analisada por índices e parâmetros que expressam sua hierarquia fluvial, bem como análises areal, linear e hipsométrica.

2.2.1 Definição de Bacias Hidrográficas e Setorização

Ao observar as definições de bacia hidrográfica, observa-se a diversidade de conceitos, no entanto eles são complementares. Para Teodoro et al (2007), há

uma grande semelhança e consideração na conceituação baseada na área de concentração de determinada rede de drenagem. Nesta pesquisa, as definições consideradas foram dos seguintes autores: Santos (2004), Granell-Pérez (2004), Christofolletti (1999), Bigarella e Suguio (1990), Guerra e Cunha (2006) e Magalhães Júnior (2007), abaixo apresentadas.

A bacia hidrográfica é conceituada por Santos (2004), como uma área ocupada por um canal principal e todos os seus tributários, cujos limites constituem os interflúvios, que topograficamente delimitam outras bacias hidrográficas. Granell-Pérez (2004) afirma que:

Bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é constituída pelo conjunto de superfícies que, através de canais e tributários, drenam água de chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal cuja vazão ou deflúvio converge numa saída única (foz do canal principal num outro rio, lago ou mar). (Granell-Pérez, 2004, p.84)

Para Christofolletti (1999), bacia hidrográfica é a área drenada por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados onde se destacam as formas de relevo associadas aos canais fluviais. Bigarella e Suguio (1990), por sua vez, definem-na como sendo a área abrangida por um rio ou por um sistema fluvial determinado por um curso principal e seus tributários. Para Cunha e Guerra (2000), trata-se de uma área interligada por divisores topográficos que formam uma rede de drenagem de água e materiais (sólidos e dissolvidos) para um ponto em comum.

Para Santos (2004), o conceito de bacia hidrográfica está associado à noção de sistema, visto que qualquer alteração de origem natural ou antrópica irá interferir em sua dinâmica, afetando a quantidade e a qualidade dos cursos d'água. A bacia hidrográfica para Magalhães Júnior (2007) compreende um conjunto ambiental integrado de elementos físicos, bióticos e socioeconômicos interrelacionados. Assim, ao enfatizar, por exemplo, os recursos hídricos, nota-se a preocupação com a qualidade e quantidade, pois a água é um elemento vital, um recurso de múltipla utilização e que, portanto, possui importância social e econômica para a sociedade.

Esta importância é ressaltada por Vázquez et al (2007), ao caracterizar como marco de planejamento a bacia hidrográfica:

A bacia hidrográfica representa um marco apropriado para o planejamento e a aplicação de medidas destinadas a corrigir impactos ambientais gerados por um uso desordenado dos recursos naturais e onde se facilita a gestão ambiental (implementação de programas para melhorar o nível de vida de seus habitantes). (Vázquez et al, 2007)

Nota-se que no Brasil e em outras partes do mundo, o aumento na demanda por recursos naturais não veio acompanhado do cuidado com a preservação de tais recursos e, em se tratando da água, o problema não é diferente.

Diante dos conceitos apresentados, entende-se que a bacia hidrográfica é delimitada por interflúvios topográficos, possuindo canais e tributários que drenam as águas das chuvas para seus tributários e rio principal, possuindo apenas um exutório, o qual poderá desaguar num outro rio, lago ou mar.

A supracitada unidade de estudo e gestão pode ser setorizada, em sub-bacias e microbacias e, como afirma Teodoro et al (2007), tais termos, estão incorporados na literatura técnico-científica, mas não apresentam a mesma convergência conceitual apresentada para bacia hidrográfica.

A sub-bacia conforme Fitz (2005) pode ser entendida como uma porção de uma bacia que a engloba. Já a conceituação de microbacia para esse mesmo autor, é apresentada da seguinte maneira:

Área do sistema hidrológico, menor que 200 Km², constituída por um curso de água principal e seus afluentes, limitada por seus divisores de água e destinada ao planejamento e manejo sustentável dos recursos naturais nela presentes. (Fitz, 2005, p.133)

Observa-se, na literatura, que não há consenso sobre uma definição nem sobre as dimensões mínimas e máximas da área de uma microbacia. Este último é amplamente utilizado por profissionais da ciência agrônômica, mas de acordo com Botelho e Silva (2007), o termo microbacia tem sido preferencialmente utilizado para bacias de tamanho menor, mas não há uma regra. Baseado nessa afirmação, o mesmo autor explicita que:

Vários são os casos em que o pesquisador prefere utilizar até mesmo o termo sub-bacia hidrográfica em vez de microbacia em seus estudos, configurando, algumas vezes, falhas sob o ponto de vista semântico, já que a menção à sub-bacia, independente de

suas dimensões, pressupõe não só necessariamente sua inserção em outra bacia de tamanho maior, mas seu vínculo com a mesma no estudo considerado. (Botelho e Silva, 2007, p.155-156)

Embora não haja consenso conceitual quanto às divisões para essa unidade espacial de gestão e análise e considerando a definição de Botelho e Silva (2007) acima, frente ao vínculo no estudo com a bacia que o recebe, como diferenciador destas divisões, adotaremos neste estudo o termo microbacia hidrográfica.

2.3 Qualidade das Águas: Aspectos Conceituais e Legislação

Em se tratando de qualidade da água, Bilich e Lacerda (2005), afirmam que este termo não se restringe à determinação da pureza da mesma, mas às características desejadas para os seus diversos usos. Nesse contexto, nota-se que a definição de qualidade de determinado recurso hídrico depende dos usos para os quais se destina, sendo que para cada utilização são feitas exigências quanto aos limites de impurezas na água.

Para Derisio (1992), a qualidade é representada por características intrínsecas, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. De acordo com Von Sperling (2007), a qualidade das águas fluviais está diretamente associada às condições naturais e ao uso e ocupação do solo, ou seja, as interferências antrópicas, desenvolvidas no entorno da bacia hidrográfica. A resolução CONAMA número 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), estabelece parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando os diferentes usos. São alguns dos parâmetros: turbidez, temperatura, sólidos totais, pH, fosfato total, nitrato, demanda bioquímica por oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD). Tais parâmetros podem conduzir à indicação de medidas mitigadoras para a gestão de recursos hídricos.

De acordo com Setti (2000), gestão de recursos hídricos, em sentido “lato”, é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade.

Quanto ao aspecto legal, a resolução CONAMA 357/2005, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Ela possui 50 artigos apresentados em seis (6) capítulos: Capítulo I – Definições; Capítulo II – Da classificação dos corpos de água; Capítulo III – Das condições e padrões de qualidade das águas; Capítulo IV- Das condições e padrões de lançamento de efluentes; Capítulo V – Diretrizes Ambientais para o enquadramento sem subdivisões formais: águas doces, águas salinas, águas salobras, efluentes, balneabilidade e disposições gerais; Capítulo VI- Disposições finais e transitórias.

Ainda de acordo com essa resolução, as águas do território nacional foram classificadas em doces (salinidade $\leq 0,05\%$), salobras (salinidade $> 0,05\%$ e $< 30\%$) e salinas (salinidade $\geq 30\%$), as quais integram 13 classes de uso, conforme a qualidade requerida para os usos preponderantes. Para as águas doces, estão estabelecidas cinco classes de uso: especial 1, 2, 3 e 4 (Quadro 02), bem como os limites individuais de qualidade para cada parâmetro em cada uma delas.

Para a região em estudo, destacam-se os usos para abastecimento de consumo humano e a recreação de contato primário, visto que a Vila de Igatu desenvolve atividade turística. Ressalta-se, ainda, a atividade de mineração que por muitos anos foi atividade predominante, responsável pela fundação e desenvolvimento da supracitada vila.

Quanto aos padrões determinados de qualidade das águas, esta resolução estabelece limites individuais para cada parâmetro nas cinco (05) classes: especial, 1, 2, 3 e 4.

Quadro 02: Classificação das águas doces de acordo com a resolução CONAMA 357/2000

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES (CONAMA 357/2005)	
CLASSES	DESTINAÇÃO
CLASSE ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
CLASSE 1	<ul style="list-style-type: none"> a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
CLASSE 2	<ul style="list-style-type: none"> a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
CLASSE 3	<ul style="list-style-type: none"> a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
CLASSE 4	<ul style="list-style-type: none"> a) à navegação; b) à harmonia paisagística.

2.4 Poluição e danos causados nos corpos hídricos resultantes das atividades antrópicas

O estudo da qualidade da água é importante na caracterização dos poluentes de uma determinada atividade e suas consequências, bem como na determinação de meios para que se contemple um uso específico ou usos múltiplos da água (Von Sperling, 2005). Assim, as modificações da qualidade da água, provocada geralmente pelo homem, de tal forma a torná-la inapta ou danosa ao consumo, constituiu-se em poluição hídrica, pois afeta sua qualidade.

De acordo com Bastos e Freitas (2005), o termo poluição no âmbito jurídico, é considerado como a inclusão de qualquer fator ao ambiente, que provoque alteração de suas qualidades naturais, impondo ao vizinho, condições modificadas de seu meio. A Lei nº 6938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981), conceitua poluição como:

A degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981)

De acordo com Von Sperling (2005), poluição das águas é:

A adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. (Von Sperling, 2005, p. 49)

A poluição das águas pode ainda ser definida sob os aspectos biológico e sanitário. Bastos e Freitas (2005), sob o ponto de vista biológico, afirma que a poluição se dá quando compostos ou microorganismos indesejáveis penetram em um ambiente, alterando suas propriedades químicas e físicas, colocando em perigo o equilíbrio da composição e distribuição das populações. Esse mesmo autor afirma que “os estudos sanitários consideram qualquer alteração na comunidade biótica de um ambiente como denunciadora de poluição e, provavelmente, toda espécie animal ou vegetal, surgida no meio após esta alteração, seria tratada como indicadora de poluição”.

Pode-se mencionar diversos problemas associados à saúde humana, pois a água é empregada como veículo pelos agentes patogênicos na disseminação de doenças. As doenças de veiculação hídrica são originadas principalmente por organismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidas principalmente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água com poluição fecal. (Grabow, 1996 apud Gregghi, 2005)

Diante dessa discussão, Derisio (1992), afirma que a poluição das águas, origina-se basicamente de quatro tipos de fontes, sendo elas: poluição natural, poluição industrial, poluição urbana e poluição agropastoril, podendo-se ainda mencionar a poluição dita acidental, decorrentes de derramamentos de materiais prejudiciais à qualidade das águas. Na área de estudo a principal fonte de poluição é a urbana, resultante do lançamento de esgotos domésticos “in natura”, no rio. Para Mellanby (1982), “o tipo de poluição da água mais comum é causado por substâncias orgânicas como o esgoto. O esgoto pode estimular o crescimento e a multiplicação de bactérias e fungos e este processo absorve O_2 e, assim, desoxigena a água”. O parâmetro químico utilizado para essa medição é a DBO.

Para Von Sperling (2005), existem basicamente duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água: poluição pontual e poluição difusa. (Figura 04)

- a) Poluição pontual: os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço.
- b) Poluição difusa: os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão.

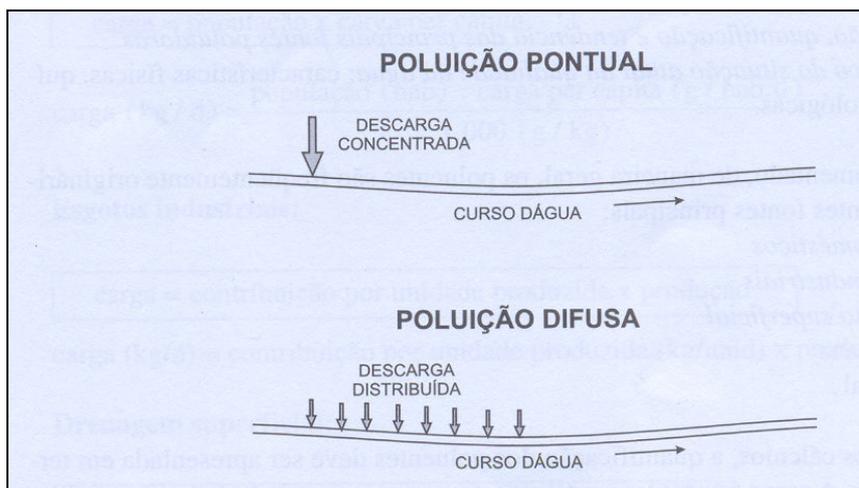


Figura 04: Poluição pontual e poluição difusa
 Fonte: Von Sperling (2005)

Contudo, sempre que se pensar em poluição das águas, deve-se considerar os usos dados às mesmas. Os danos causados, por exemplo, nas águas destinadas à recreação e lazer podem promover inconvenientes no que se relaciona ao uso das mesmas, implicando:

- Na contaminação por bactérias, vírus e infecção através de parasitas e conseqüente aparecimento de disenterias intestinais, febre tifóide, cólera, doenças da pele, etc;
- ocorrência de incômodos à população como maus odores, aspectos estéticos indesejáveis, presença de espuma, dentre outros.

Todo corpo hídrico, possui uma limitação quanto a sua capacidade de assimilar despejos orgânicos. Um corpo de água, que recebe efluente biodegradável, sofre um processo de recuperação natural denominado autodepuração (BRAGA e HESPANHOL, 2006). Para Von Sperling (2005), em termos amplos, autodepuração está vinculada ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes.

Para Braga (2005), os mecanismos naturais que interferem na capacidade de autodepuração dos rios, são decorrentes de fatores físicos, químicos, bioquímicos e biológicos, nos quais se destacam: a velocidade das águas, a vazão, a morfologia do leito, a temperatura e a transparência da água, a quantidade de oxigênio dissolvido na mesma, a concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas e a quantidade de biomassa de microrganismos presente nos efluentes.

2.5. Avaliação da Qualidade da Água

A avaliação da qualidade da água é aqui apresentada levando em consideração a modelagem desse recurso através do índice de qualidade que lhe é pertinente.

Os índices de qualidade da água de acordo com Derisio (1992) são tentativas de sintetizar as informações de sua qualidade, de modo a torná-las mais facilmente interpretáveis. De acordo com Gastaldini e Teixeira (2001), estes autores afirmam que:

Os índices de qualidade da água têm sido propostos visando resumir as variáveis analisadas num número, que mostra a evolução da qualidade da água no tempo e espaço, sendo utilizados, também como meio de comunicação entre profissionais e o público do grau e localização da poluição. (Gastaldini e Teixeira, 2001, p.453).

Para Von Sperling (2007), são notas que retratam condições de muito ruim a excelente, cujos resultados podem ser expressos em mapas hidrográficos com escalas de cores nos trechos dos cursos d'água para cada faixa do valor do índice, tornando a comunicação mais fácil e direta com o público.

Para Gastaldini e Teixeira (2001), o desenvolvimento de índices encontra-se ainda limitado devido, principalmente, a dificuldade de consenso no estabelecimento de um índice largamente aplicado; bem como uma apreensão entre os profissionais de qualidade da água em que os índices possam ser mal empregados e as informações técnicas venham a ser perdidas ou ocultadas na associação dos dados.

De acordo com Crispim (2007), o uso de índices de qualidade das águas é uma tentativa que os programas de monitoramento das águas superficiais prevêm como forma de acompanhar, por meio de informações detalhadas, a possível deterioração ou melhoria dos recursos hídricos, além de permitir uma comparação entre diferentes cursos d'água.

Para Gastaldini e Teixeira (2001), os índices de qualidade da água podem ser classificados em três tipos: índices baseados na opinião de especialistas, índices baseados em métodos estatísticos e índices biológicos. Como exemplos podem ser citados diversos índices, os quais foram criados com objetivos distintos: o índice de qualidade da água (IQA); índice de toxicidade (IT); índice do estado trófico (IET); índice de diversidade de espécies. A maioria dos índices

baseados na opinião de especialistas é descrita numa escala de 0 a 100 e quanto maior o seu valor, melhor a qualidade da água.

2.6 Unidades de Conservação da Natureza

Diversos países do mundo vêm investindo na criação de áreas protegidas como a estratégia mais eficiente de se conservar a biodiversidade, os recursos naturais e os valores culturais da humanidade (Rodrigues et al.,2003). Conforme afirma Hassler (2005), a partir da sensível modificação da percepção ambiental e da utilização dos recursos naturais a partir do século XX, surge a necessidade de criação de espaços denominados unidades de conservação, os quais passam a ter maior importância a partir da década de 90 do século passado. São espaços criados para manutenção do espaço natural, conservação da biodiversidade, manutenção do patrimônio genético e proteção de ecossistemas naturais ou uma amostra deles.

As unidades de conservação são definidas por Bruck et. al (1995), como áreas do território nacional, incluindo as águas territoriais, com características naturais de relevante valor, de domínio público ou propriedade privada, legalmente instituídas pelo Poder Público (Federal, Estadual e Municipal) com objetivos e limites definidos, sob regimes especiais de administração às quais aplicam-se garantias de proteção.

No Brasil, a lei 9.985 de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), define unidade de conservação como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. (BRASIL, 2000, p.1)

Ainda de acordo com BRASIL (2000), as unidades de conservação se dividem em dois grupos, com características específicas: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.

O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre. Previsto no artigo 11 do SNUC, será utilizado nessa pesquisa, os PARNAs que tem como objetivo básico, conforme Medauar (2006):

(...) a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (MEDAUAR, 2006, p. 1041).

Estes, são de posse e domínio públicos e a visitação pública está sujeita às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, sendo estas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração. Um PARNA inclui-se como categorial especial na resolução CONAMA 375/2005 (Quadro 02), portanto sua definição preliminar de limites na sua qualidade, mas com a garantia legal de manter o background da bacia protegida ou das águas sob proteção, respeitando, melhorando e protegendo os parâmetros existentes antes da instalação do Parque.

O Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD) foi criado em 1985 por decreto federal nº 91.655 de 17 de setembro de 1985, abrangendo uma área de 1.521 km² na região da Chapada Diamantina, incluindo seis (6) municípios: Andaraí, Ibicoara, Itaeté, Lençóis, Mucugê e Palmeiras e englobando a área da MCB em sua maioria, excetuando a área urbana de Igatu, também protegida como Patrimônio Histórico.

Assim, o PNCD, bem como os demais, tem por objetivos a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e lazer.

III. MICROBACIA DO COUSA BOA (MCB): CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA, GEOAMBIENTAL E SOCIOECONÔMICA

Este capítulo objetiva apresentar a caracterização geoambiental do meio físico e aspectos socioeconômicos na MCB, bem como aspectos ligados à descrição do processo de ocupação, modificações na paisagem e impactos ambientais causados pelo garimpo. Para estes últimos itens, utilizar-se-á da abordagem da história ambiental, considerando sua história como elemento condicionador e condicionado pelo processo. Assim, busca-se entender tais características, com vistas a analisar os resultados dos parâmetros de qualidade da água de forma integrada.

3.1 Geologia, Geomorfologia e Solos

Quanto à geologia, as rochas que afloram na MCB são datadas do Mesoproterozóico ou Proterozóico Médio, grupo Chapada Diamantina e Formação Tombador, superpostos a rochas mais antigas do Grupo Paraguaçu. A formação Tombador é constituída por arenitos e metarenitos com níveis de metassiltitos, conglomerados, microconglomerados e quartzitos. Os arenitos e os conglomerados da Formação Tombador, típicos de Igatu e da MCB, serão mostrados na figura 05.

De acordo com a CPRM (1994), os conglomerados e microconglomerados diamantíferos foram originados por erosão de uma “cordilheira” formada pela atual serra de Jacobina e pelo “complexo geológico” de Contendas-Mirante, quando movimentos tectônicos energéticos levantaram o leste da Chapada Diamantina. Nos períodos de maior instabilidade do terreno, os blocos alçados da crosta que eram erodidos, produziam leques de cascalho que, espalhados pelas encostas de montanhas, formavam os tão decantados conglomerados considerados como uma das possíveis fontes do diamante da região.

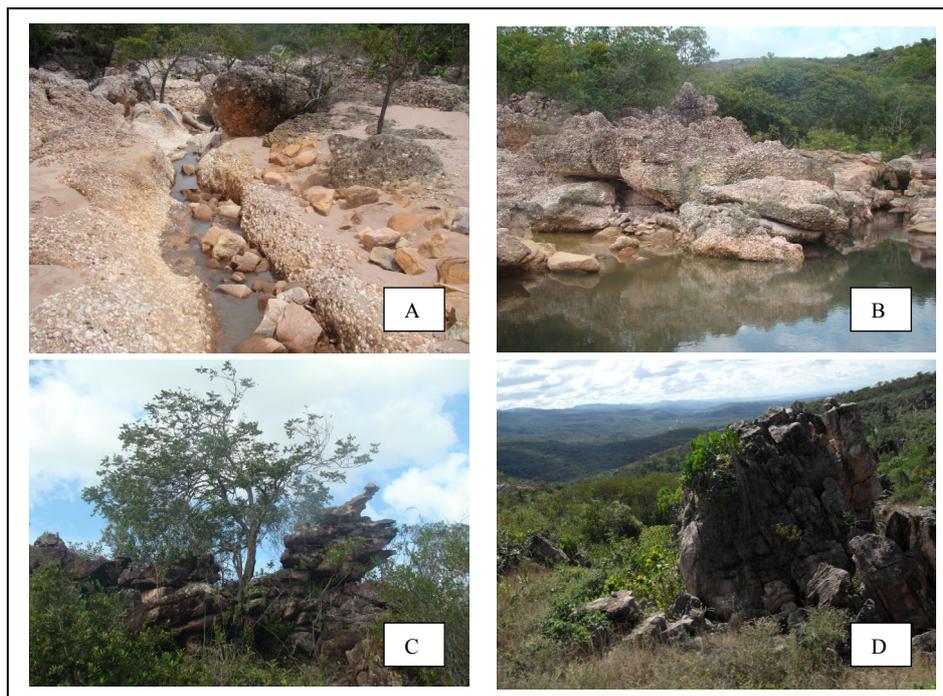


Figura 05: Conglomerados próximos à foz do Rio Cousa Boa (A e B) e arenitos: (C) próximo à cachoeira da Cadeirinha dos Pombos e (D) na estrada de pedra subindo para a Vila de Igatu.

Estas rochas irão se formar a 800 milhões de anos quando novos movimentos tectônicos formam as “montanhas diamantinas”, dobrando o que seria posteriormente Minas Gerais à Bahia, mas suavemente nesse último trecho. A Chapada Diamantina é um grande e suave dobramento e apresenta-se com suas fraturas ortogonais típicas que, posteriormente, serão rebaixadas por erosão fluvial e gravitacional contínua, deixando de ser montanha para ser chapada, onde em um período recente, intrusões ígneas máficas-ultramáficas se colocaram, formando outra possível fonte dos diamantes.

As falhas e fraturas produzidas por esta movimentação tectônica, além de favorecer a uma ação intensa que rebaixa e planifica a estrutura original até a Chapada de hoje, serviu como elemento configurador do relevo, junto com as rochas areníticas e a ação garimpeira, apresentando atualmente um relevo que apresenta superfícies com estruturas irregulares e ruiformes e solos pouco desenvolvidos com predomínio de afloramentos rochosos (Figura 06). (CPRM, 1994)

Os solos estão diretamente relacionados com a geologia, clima e vegetação e é de fundamental importância para ocupação do espaço pela

sociedade. A formação dos solos é o resultado da interação de muitos processos, tanto geomorfológicos como pedológicos, conforme afirma Guerra e Mendonça (2007). Segundo Nolasco (2002), esta região é resultante, principalmente, da ação humana garimpeira que os retirou e expôs a rocha nos últimos 160 anos.

Na MCB, encontram-se afloramentos rochosos, em algumas áreas com cobertura arenosa superficial, provenientes da rocha arenítica alterada ou de níveis que lhe eram sotopostos mais conglomeráticos e ferruginosos que compõem localmente manchas de latossolos e neossolos litólicos. Os latossolos encontrados na área de estudo são manchas localizadas numa área plana, ao sul, na localidade conhecida como gerais do Capa-Bode.

De acordo com EMBRAPA (2006), os latossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. Apresentam-se em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo, estando virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, caso já citado do Capa Bode.

Quanto aos Neossolos, de acordo com EMBRAPA (2006), são solos pouco evoluídos constituídos por material mineral rochoso, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Os Neossolos litólicos, são solos com horizonte A ou hístico, assentes diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo. Na MCB, o neossolo configura-se como pequenos níveis de areia ou matéria orgânica, geralmente milimétricos, sobre a Formação Tombador, ocupando a maior parte da área.



Figura 06: Área com latossolo, na região do Capa-Bode (A) e neossolo litólico, às margens do rio Cousa (B), respectivamente.

3.2 Caracterização Climática

Para Ayoade (2003), o estudo do tempo e do clima ocupa uma posição central e importante no amplo campo da ciência ambiental, visto que os processos atmosféricos influenciam os processos nas outras partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera.

De acordo com a literatura, o sistema mais adequado para análise integrada dos elementos climáticos é o balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Sacramento (2005), afirma que através desse sistema é possível conhecer as perdas de água do solo por evapotranspiração, identificando-se e caracterizando assim, os períodos excedentes de água no solo e/ou a deficiência hídrica.

Considerando a classificação proposta por Köppen, a MCB, corresponde ao clima – **Am'**. Para a classificação de Thornthwaite e Mather, corresponde ao clima – **B1rB'3a'**, como úmido, encontrando-se em domínio de clima semiárido. Convém salientar que é um clima semiárido que constituiu uma área de exceção, devido às características dos elementos, tais como temperatura, pluviosidade e altitude.

Assim, os dados para caracterização de pluviosidade, temperatura, precipitação, evaporação, presentes no balanço hídrico do município de Mucugê, o qual foi disponibilizado pela SEI (1999), a partir da estação de mesmo nome do município, também são apresentados no quadro 03, num ciclo histórico de aproximadamente 20 anos (1964 -1983).

A pluviosidade (P) média anual de 1130,2 mm, tendo o período chuvoso entre os meses de outubro a abril, com pico de 181,7mm em dezembro. A estação seca se encontra entre o período de maio a setembro, com pico de 41,0mm em agosto. Segundo a CPRM (1994), nos períodos chuvosos ocorrem trombas d'água, havendo um excedente de água na região. No período da coleta (fevereiro 2010 a fevereiro 2011), de acordo com informações de moradores locais e do PNCD, a pluviosidade foi menor que nos anos anteriores, contudo, melhor distribuída.

A temperatura (T) média anual foi de 20,9°C. A maior média mensal ocorreu para o mês de março – 22,2°C e a menor, para o mês de julho – 18,6°C. Assim, a amplitude térmica foi de 3,6°C, que é atípico para clima semiárido, que geralmente apresenta altas amplitudes térmicas. Assim, tal fato é explicado pelo fato de ser uma área de alta altitude, associada à continentalidade.

A evaporação potencial (Ep) anual foi de 962,4mm e, sendo a pluviosidade (P) anual total de 1130,2mm, na relação P-Ep, houve déficit hídrico de aproximadamente 188,9mm. Quanto ao excedente (Exc.), o maior valor foi de 68,0mm, concentrado no mês de dezembro. A deficiência hídrica (Def) corresponde a um valor total de 91,6, ocorrendo nos meses quando a pluviosidade é inferior à evapotranspiração do sistema, concentrado nos meses de outubro a março.

Quadro 03: Balanço Hídrico mensal e anual do município de Andaraí

Balanço Hídrico mensal e anual. Município: Mucuge. Estação: Mucuge. Período: 1964 -1983												
Atitude: 870m. Latitude: 12°59'. Longitude: 41°22'. CAC:125mm												
Tipol. Climática: Koppen – Am'; Thornthwaite e Mather – B1rB'3a' (úmido)												
Meses	T (°C)	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	Neg. Acum.	ARM (mm)	ER (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	Índice de Aridez	Índice de Umidade	Índice Hídrico
Jan	22,1	96,8	138,4	41,6	0,0	125,0	96,8	0,0	41,6	0,0	43,0	43,0
Fev	22,1	86,0	150,4	64,4	0,0	125,0	86,0	0,0	64,4	0,0	74,9	74,9
Mar	22,2	93,8	145,0	51,2	0,0	125,0	93,8	0,0	51,2	0,0	54,6	54,6
Abr	21,5	81,3	115,5	34,2	0,0	125,0	81,3	0,0	34,2	0,0	42,1	42,1
Mai	20,3	72,1	41,0	-31,1	31,1	97,5	68,5	3,6	0,0	5,0	0,0	-3,0
Jun	19,0	61,1	29,5	-31,6	62,7	75,7	51,3	9,8	0,0	16,6	0,0	-9,6
Jul	18,6	56,2	24,6	-31,6	94,3	58,8	41,5	4,7	0,0	26,2	0,0	-15,7
Ago	19,2	63,8	15,2	-48,6	142,9	39,9	34,1	29,6	0,0	46,4	0,0	-27,8
Set	20,4	73,2	27,0	-46,0	189,3	27,5	39,3	33,9	0,0	46,3	0,0	-27,8
Out	21,6	89,1	97,5	8,4	156,8	36,0	89,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nov	21,9	91,7	164,4	72,7	17,5	108,7	91,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez	22,1	97,4	181,7	84,3	0,0	125,0	97,4	0,0	68,0	0,0	69,8	69,8
Anual	20,9	962,4	1130,2				870,8	91,6	259,4	9,5	27,0	21,2

Fonte: INMET, 1991.
SEI, 1999.

3.3 Usos do Solo

Conforme afirmado anteriormente, cerca de 85% da MCB está inserida dentro de uma unidade de conservação de proteção integral, o PNCD e o restante da área, em sua zona de amortecimento (Figura 07)

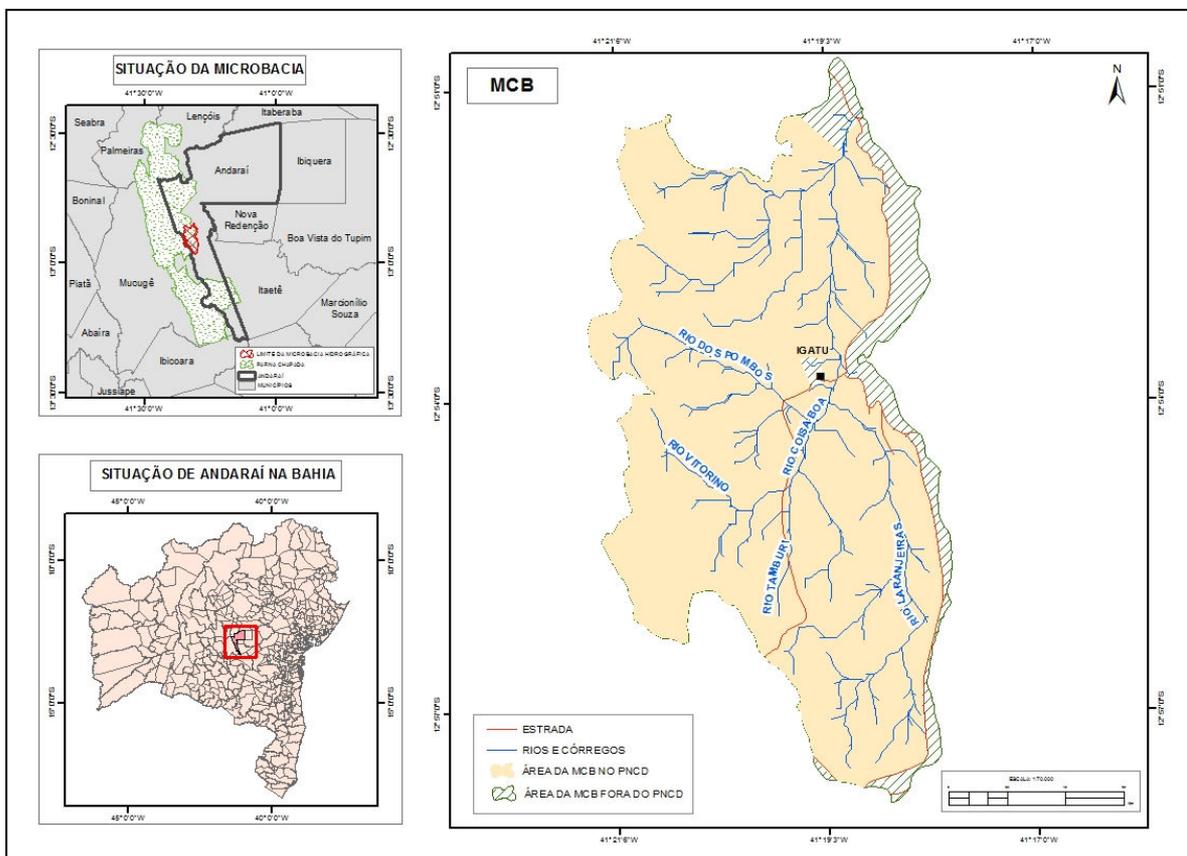


Figura 07: Mapa da situação da MCB no PNCD

Na área da microbacia, foram identificadas como uso do solo, moradia e lazer. Com relação às moradias, as habitações são pouco numerosas e no geral espaçadas, apresentando maior concentração no aglomerado urbano da Vila de Igatu, cujo acesso por veículos é dado pela estrada com calçamento de rochas, feita por escravos. Quanto mais afastada da vila, mais isoladas as casas, apresentando um padrão construtivo recente, cujo material utilizado para construção busca a camuflagem na paisagem. Os proprietários geralmente são estrangeiros ou de outros locais do Brasil, com poder aquisitivo maior que os moradores locais. Nas proximidades da vila, tem-se as moradas de pessoas da localidade, apresentando padrão de construção que trazem o legado histórico a partir da forma garimpeira de construir. A exemplificação dessas moradias pode

ser visualizada na figura 08. Outro ponto que deve ser destacado quanto à moradia, é a utilização de tocas ou locas, as quais se constituíram em abrigo na época do garimpo.

Os rios da MCB são utilizados pela população local e por turistas de vários países. A população ainda tem o hábito de lavar roupas no rio, captar água para uso doméstico e assim como os turistas, realiza recreação de contato primário. Pode-se destacar na área da microbacia, alguns pontos que são frequentemente utilizados para recreação de contato primário: Cadeirinha dos Pombos, Cachoeira do Córrego do Meio, Ponte do Rio Paraguaçu.

Após 150 anos de exploração dos diamantes, ainda existe garimpagem manual, embora em ritmo mais lento, devido à decadência das lavras e à proibição da garimpagem.



Figura 08: Casas com padrão construtivo histórico (A e B) e casas com padrão construtivo recente

3.4 Características Sócio-Econômicas: Turismo

Atualmente, a Vila de Igatu ou antiga Vila Xique-Xique de Igatu, tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), distrito do município de Andaraí, de acordo com Santos (2010), possui 22 ruas, tendo uma

praça denominada José Gomes da Silva, a qual é apresentada na figura 09. Sobre a vila, Carvalho (2008, p. 22), afirma que:

Esta foi fundada como vila e apoio para garimpos localizados entre Mucugê e Andaraí no século XIX, apresentando hoje, o turismo como principal atividade da região que, em sua grande parte, não deixa benefícios econômicos para sua população local, a semelhança das atividades econômicas extrativistas anteriores: a coleta de diamantes e a extração de sempre-vivas. (Carvalho, 2008, p.22)



Figura 09: Praça José Gomes da Silva

De acordo com Nolasco (2000), Igatu foi controlada pelo Coronel Aureliano Gondim, de Andaraí, e tinha no garimpo sua principal fonte de renda que hoje, mesmo existindo uma extração artesanal de serra em pequena escala, está sendo substituída pelo turismo.

De acordo com a autora supracitada, a partir da década de 90, o turismo surge como possibilidade para a estruturação da economia, trazendo um novo significado às trilhas, tocas, locas e demais resquícios do garimpo. Atualmente, o distrito se destaca por ser atração do turismo ecológico da Chapada Diamantina.

Assim, a vila apresenta hoje o ecoturismo como nova fonte de desenvolvimento sócio-econômico da região, onde, por exemplo, os aspectos naturais e as ruínas do bairro Luís dos Santos, funcionam como atrativo para a região.

De acordo com Andrade (2005), a dinâmica do turismo vem redesenhando a estrutura socioeconômica local. Novos equipamentos surgem paulatinamente, à medida que a atividade exige novas qualificações. A valorização do espaço assume uma posição antes esquecida pelos antigos moradores. Afastando-se da vila, pode-se destacar os elementos da paisagem natural, dentre eles as

cachoeiras e córregos, que foram elencados anteriormente e, ainda, o relevo, a vegetação e o clima, as suas ruínas e história.

De acordo com Carvalho (2008), a presença da água se constitui como atrativo natural importante para a visitação turística e atividades de recreação. Contudo, salienta-se, que este recurso deve-se apresentar em qualidade satisfatória para recreação de contato primário ou secundário, de acordo com a Resolução Conama 357/2005.

3.5 O Processo de Ocupação, Modificações na Paisagem e Impactos Ambientais Causados pelo Garimpo na MCB

A Chapada Diamantina de acordo com a BAHIATURSA (1991), constitui-se de cidades históricas do “Circuito do Diamante”, a saber: Andaraí, Lençóis, Iraquara, Seabra, Palmeiras, Mucugê, Itaetê, Nova Redenção, Ibicoara e Igatu, as quais tiveram, na extração do diamante, a construção de sua história.

Como a MCB está inserida no município de Andaraí e banha a Vila de Igatu, buscou-se entender o processo de ocupação, as intervenções antrópicas, as modificações impressas na paisagem pela mineração nessa unidade de gestão. Para tanto, será utilizada a abordagem da história ambiental, a qual se constitui como uma tendência de pesquisa que, segundo Woster (1991), começou a consolidar-se na década de 1970, à medida que se sucediam conferências sobre a crise ambiental e cresciam os movimentos ambientalistas em vários países, ou seja: nasceu numa época de reavaliação e reforma cultural, em escala mundial.

De acordo com Nolasco (2002), o garimpo de diamantes na Chapada Diamantina como um todo, é o fator histórico de ocupação do solo, controlador e principal elaborador da paisagem nos últimos 160 anos, imposto e dependente do fator físico original. De acordo com Andrade (2005), por volta de 1844 a 1846, o garimpo teve início em Xique-Xique desde a sua descoberta e construção, passando pela fase da escravidão e dos coronéis. Este histórico marcou todo um território com as explorações, aberturas de garimpos, caracterizando o processo de construção do lugar.

O coronelismo na Chapada como um todo durou até a década de 20, período em que chegaram as tropas da Coluna Prestes. O último e o coronel mais

conhecido de todos, que ditava as regras em Igatu, foi Aureliano de Brito Gondin, que era natural de Andaraí.

Nessa região, no final do século XIX até meados do século XX, a mineração de diamantes se constituiu na atividade econômica de maior expressividade, a qual proporcionou a construção e reconstrução da paisagem natural, tanto nos rios quanto nas serras e barrancos, cujas cicatrizes ainda estão impressas até os dias atuais.

Por volta do ano de 1943, a Vila foi denominada de Igatu e, em fins dessa mesma década e início de 50, houve o esvaziamento da mesma, quando famílias se retiraram para outras cidades e estados. A vila que antes era autossuficiente, com um estruturado comércio, que chegou a abrigar 30.000 pessoas, via aos poucos as casas se transformando em ruínas e o bairro Luís dos Santos se configura na atualidade, como o principal conjunto de ruínas, sendo utilizado pelo turismo, para recontar a história, ficando conhecido como “a cidade fantasma” ou a “Machu Pichu baiana”.

A Vila e arredores teve diversos garimpos como Brejo, Verruga, Criminoso, Raposo, Luís dos Santos, Califórnia, Coisa Boa ou “Cousa Boa”, dentre outros. O “Cousa Boa” foi o garimpo responsável pela ascensão da então Vila de Xique-Xique a distrito e a abundância de diamantes cobriu de pedras a sociedade local, além de que esta denominação também nomeou o principal afluente dos rios que compõem a MCB.

De acordo com Nolasco (2002), existem dois tipos de garimpo por grau tecnológico: tradicionais (onde predomina a força humana, sendo divididos em serra, barranco e rios); e de dragas (onde domina a máquina). Na MCB, onde está inserido o distrito de Igatu, houve a predominância do garimpo manual e, posteriormente, a inserção da dinamite. A draga, como foi utilizada em outros locais da Chapada Diamantina, não contribuiu para o garimpo de diamantes devido à configuração geoambiental do lugar.

Por volta do século XIX, nos garimpos da Chapada Diamantina, como afirma Nolasco (2002), prevaleceu o garimpo manual, independente e escravo, onde se trabalhava ao longo do canal dos rios, a fraturar, ampliando as suas margens. Ele retirava todo material sedimentar friável disponível, seja com garimpo a seco, seja com água.

A MCB possui a mesma base geológica original, que permite traçar uma imagem pré-garimpo: morros de topos arredondados, manchas florestais nas áreas mais planas, onde se encontram os neossolos. Os solos sob as matas são espessos, provavelmente latossólicos ou similares, às exceções das áreas de beira-rio. Atualmente, a área é caracterizada pela vegetação da caatinga, a presença de cactáceas é lugar comum no cenário paisagístico do lugar, representado pelo xique-xique.

À medida que os garimpos vão se formando, as marcas geológicas humanas ou os registros culturais na paisagem são deixadas, desde resultantes dos processos erosivos, que removeram milhões de toneladas de sedimentos para os rios, que até hoje se movem, acumulando-se no leito do rio principal da bacia hidrográfica, que é o Couda Boa e, posteriormente, formando leques arenosos ao desaguar no Rio Paraguaçu até os registros construtivos: sejam os depósitos acima citados, sejam as montoeiras ao longo de cada área de trabalho (Nolasco, 2002), ou aqueles que dizem diretamente da ocupação ou aqueles diretamente culturais, ligados a moradia, lazer e trabalho.

Diante do exposto, as modificações na paisagem deixadas pelo garimpo e identificadas na MCB foram: as tocas ou locas, as corredeiras, montoeiras, barragens, grunas, as ruínas, dentre outras (Figura 10), que se constituem como marca humana ao longo do período de garimpo. A descrição aqui apresentada é encontrada em Nolasco (2000) e Andrade (2005). Posteriormente, serão apresentados por inferência, os impactos ambientais causados pelo garimpo.

As tocas ou locas, de acordo com Nolasco et al (2000), eram um meio de moradia, surgido em grutas naturais encravadas nos lajedos. Ficavam camufladas na paisagem e, atualmente, compõem o conjunto de ruínas junto com o antigo bairro Luís dos Santos. Algumas são de propriedade particular, voltando a ser habitadas, ganhando uma configuração moderna em seu interior.

As montoeiras são montanhas de blocos alinhados ou presentes no contorno de uma área de garimpagem de diamantes, as quais são resultantes de vala ou área aberta. Desse material retirado, formavam-se as corridas de garimpo, configurando-se como drenagens antrópicas. Esse tipo de modificação foi verificado ao longo de toda MCB.

Outro tipo de modificação na paisagem resultante da ação garimpeira são as barragens, a exemplo da barragem do Sr. Higino, no rio Laranjeiras. Estas são

feitas em pedra, ao longo dos cursos d'água, para reter determinada quantidade de líquido, para fins de abastecimento e utilização na atividade garimpeira.

De acordo com o observado, as grunas podem ser definidas como cavernas subterrâneas construídas por ação antrópica, para extração de diamantes. Destaca-se a gruna do Brejo, que atualmente é o único garimpo subterrâneo aberto, devido a esforços de membros da comunidade local em reativá-la, contudo, com objetivo diferente daquele inicial: da extração de diamantes à atividade de turismo. A ação de reabertura da gruna gera como resíduo, areia em grande quantidade que, com a passagem da água subterrânea pela gruna, carrega o sedimento para o Rio dos Pombos.

Como exemplo de ruínas urbanas de comércio e moradia, pode-se citar o bairro Luís dos Santos, o qual chegou a abrigar mais de 500 pessoas, que hoje não perfaz a população total da vila. As ruínas teriam sido o maior e mais movimentado lugar da vila depois do centro, conforme explicita Andrade (2005).

As casas desse antigo bairro possuíam uma forma peculiar de edificação, conhecida como “forma de construção garimpeira”, com material rochoso disponível no lugar, popularmente conhecido como pedra, onde se tinha o encaixe de pedra sobre pedra, sem a utilização de barro para fixá-las.

Assim, sabe-se que os fatores antrópicos, historicamente implantados na área de estudo, apresentaram influência marcante sobre a configuração da paisagem atual e pela importância merece estudos específicos. A seguir, serão apresentados por inferência e discutidos os impactos ambientais na MCB, causados pelo garimpo.



Figura 10: Modificações na paisagem da MCB: (A) Tocas ou locas; (B) Montoeiras de garimpo em área da MCB; (C e D) Barragem construída no Rio Laranjeiras; (E) Ruínas do antigo bairro Luís dos Santos.

3.5.1 Impactos Ambientais Causados pelo Garimpo

Toda e qualquer atividade econômica sempre se inicia sobre algum dos sistemas ambientais: climáticos, aquáticos, terrestres e/ou biológicos e, ao longo do processo produtivo, a paisagem vai sendo modificada, lançando resíduos sobre o ambiente, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos. Tais modificações alteram a paisagem, causam impactos.

De acordo com a resolução Conama nº 001 de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é definido como:

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; V - a qualidade dos recursos ambientais. (Resolução Conama, nº 001/86)

Assim, afirma Silva (2007), como toda exploração de recurso natural, a atividade de mineração provoca impactos no meio ambiente, seja no que diz respeito à exploração de áreas naturais ou mesmo na geração de resíduos.

De acordo com a CPRM (2002), os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em cinco (5) categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno, incêndios causados pelo carvão e rejeitos radioativos. Dentre os diversos impactos ambientais inferidos na MCB, gerados pelo garimpo, pode-se enumerar: alterações no ciclo hidrológico, da qualidade da água e assoreamento de rios.

3.5.1.1 Alterações no Ciclo Hidrológico e Regime Hidrológico

Dentre as modificações geradas pela ocupação e consequente modificação da MCB e que são responsáveis por importantes alterações no ciclo hidrológico, tem-se: 1) a abertura de canais retilíneos (Figura 11) onde, nos momentos de precipitação pluvial, a água escoia superficialmente e em maior velocidade, diminuindo a infiltração que, na região, já é reduzida pela ampliação da área de rocha aflorante, também efeito da ação garimpeira; 2) retirada do já pouco espesso solo e que carreava sedimentos gerados pelo garimpo de diamantes. De acordo com Vitte e Guerra (2007), a canalização e retificação dos cursos d'água constituem intervenções antrópicas que afetam sobremaneira o ciclo hidrológico.

Conforme afirma Carvalho (2008), houve modificação da rede hidrográfica local, através de rios e córregos que foram desviados e/ou criados para e nas áreas de garimpo.

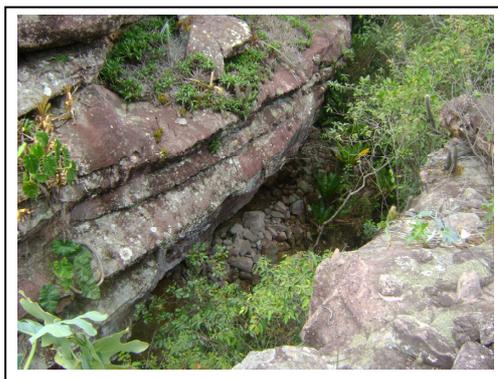


Figura 11: Fissura aberta por atividade garimpeira entre as rochas, que nos períodos de chuva, serve como escoadouro de água pluvial, constituindo-se em canal retelinizado.

Outra intervenção no ciclo hidrológico são as barragens construídas, as quais trouxeram benefícios econômicos e sociais. Contudo, pode-se mencionar como impacto negativo da mesma, a concentração da água que, exposta, aumenta a lâmina d'água e conseqüentemente o aumento da evaporação, devido à maior incidência dos raios solares.

Além destas, a destruição dos aquíferos subterrâneos pelo processo de garimpo, retirando solo e sedimento das fraturas preenchidas e da superfície, amplia a área impermeável, favorecendo o rápido escoamento e o esvaziamento dos rios, tornando-os temporários.

3.5.1.2. Qualidade das águas e assoreamento dos rios

De acordo com Silva (2007), a garimpagem provoca impactos ambientais comuns a todas as áreas submetidas a esse tipo de extração, principalmente sobre a qualidade dos recursos hídricos.

No garimpo de diamantes, por não utilizar produtos químicos, os principais parâmetros de qualidade das águas diretamente afetados por essa atividade econômica foram: cor, turbidez, sólidos totais e sólidos em suspensão. Por conta da ressuspensão de metais pesados, já inertizados no depósito sedimentar, a composição química da água também deve ser investigada.

A cor resulta da existência, na água, de substâncias em solução. Esse aspecto é acentuado quando da presença na água, de matéria orgânica, de minerais como ferro e o manganês ou de despejos coloridos contidos em esgotos industriais.

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos.

Pelos sólidos totais, a detecção de sólidos suspensos ou dissolvidos, indica a possibilidade de turvação da água com o impedimento da penetração da luz, influenciando todo processo biótico.

Esses parâmetros são mais afetados, pois a grande quantidade de sedimentos era carregada pelos rios, ficando em suspensão na água até serem depositados. (Figura 12)

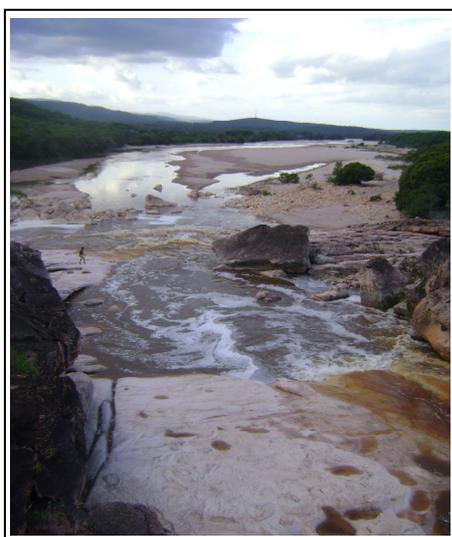


Figura 12: Exutório do Rio Cousa Boa, prestes a desaguar no Rio Paraguaçu.

De acordo com Andrade (2005, p.105),

O impacto ambiental foi intenso e irremediável. Não se conhecia mais o lugar, o posicionamento de muitas pedras que as lavadeiras se encontravam para trabalhar e contar histórias, rios assoreados que viravam armadilhas aos banhistas, que muitas vezes resultou em morte com valas abertas no fundo do seu leito. (Andrade, 2005, p.105)

Outras modificações ao longo da história e que configuraram a paisagem atual de acordo com Carvalho (2008), são:

1. O desmatamento e a queima de vegetação prístina, formada por florestas de porte arbóreo que se encontravam no leito dos rios e nas encostas de

montanhas, no propósito de retirada de madeira e de limpar área para o garimpo;

2. Retirada de solos e sedimentos, aumentando as áreas de afloramentos rochosos e abrindo fendas antes preenchidas por sedimentos; na busca de diamantes;
3. A retirada de sedimentos, onde os excedentes da garimpagem como blocos e seixos eram tão abundantes, que foram a matéria-prima para erguer as casas da vila e suas redondezas, dentre outros.

IV. CARACTERIZAÇÃO E MODELAGEM HIDROLÓGICA DA MCB

Esse item objetiva apresentar a caracterização da MCB no que concerne à análise morfométrica da rede de drenagem, a qual é composta por análises hierárquica, linear, areal da rede de drenagem e hipsométrica, utilizando-se do geoprocessamento. A expressividade das características da bacia em termos quantitativos tem a finalidade de entender as inter-relações existentes entre esses fatores de forma e os processos hidrológicos da supracitada área de estudo, já que dessa forma, o comportamento hidrológico de uma dada microbacia está associada às características morfológicas, tais como: área, forma, topografia e suas características intrínsecas, geologia, solo e cobertura vegetal, descritas no capítulo 3.

4.1 Geoprocessamento aplicado ao diagnóstico de bacias hidrográficas

Geoprocessamento, de acordo com Xavier-da-Silva e Zaidan (2004), pode ser definido como uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana. Para Moreira (2005), tal definição aparece da seguinte forma:

Geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou fenômenos, quando eles são observados por um sistema sensor. (Moreira, 2005, p.256).

Ao analisar historicamente, tal ferramental surge com o intuito de atender às necessidades bélicas, estando diretamente associado a fins militares. Ao extrapolar tais limites e alcançar espaços não-militares, o geoprocessamento assume importância na análise do ambiente, quando se evidenciou a crise ambiental. Diante disso, começa a existir demanda crescente de investigação e respostas rápidas que propiciem análises e tomadas de decisões para o ambiente, as quais necessitavam de diagnósticos, intervenções e monitoramentos, com o intuito de manutenção da qualidade do ambiente, que há muito vem se fragilizando pelas intervenções humanas.

O geoprocessamento se configura como um tema amplo, multidisciplinar e, que como afirma Santos et al (2000), engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Dentre as tecnologias abarcadas, tem-se: o Sensoriamento Remoto, a Digitalização de Dados, a Automação de Tarefas Cartográficas, a Utilização de Sistemas de Posicionamento Global (GPS), o Processamento Digital de Imagens (PDI) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Para Burrough (1986), os SIG's são um poderoso conjunto de ferramentas de entrada de dados, armazenamento, recuperação e manipulação, modelagem, exibição de dados e publicação de mapas. Nos estudos de bacias hidrográficas os SIGs são amplamente utilizados para fins de levantamento de informações morfométricas, armazenamento de informações, dentre outros.

4.2 Análise morfométrica da rede de drenagem

Os pesquisadores dos Estados Unidos (EUA) deram início às primeiras pesquisas voltadas ao levantamento das propriedades morfométricas de bacias hidrográficas. A publicação da pesquisa feita por Horton procurou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias, servindo de base para a nova concepção metodológica, apoiado em bases quantitativas, apresentando índices e parâmetros para o estudo analítico. (Christofolletti, 1980). De acordo com Aguiar (2009), no Brasil, o primeiro estudo de análise morfométrica de bacia hidrográfica foi realizado por Freitas, na década de 50.

O estudo analítico para análise morfométrica conforme Christofolletti (1980) é apontado em quatro categorias: hierarquia fluvial, análises areal, linear e hipsométrica. Para esta pesquisa são utilizados hierarquia fluvial, análises areal, linear e a morfometria do relevo, sendo esta última caracterizada analiticamente, segundo Pissara et al (2004), pela hipsometria e declividade. As categorias citadas evidenciam características do relevo, associados a processos hidrológicos.

De acordo com Christofolletti (1980):

1. A hierarquização fluvial dos canais consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia

- hidrográfica na qual de encontra. Utilizou-se para tanto, o procedimento de Strahler;
2. Na análise linear, são englobados os índices e relações a propósito da rede hidrográfica, cujas medições necessárias são efetuadas ao longo das linhas de escoamento e;
 3. Na análise areal, estão englobados vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares.

De acordo com Pissara *et al* (2004):

4. As características do relevo indicam a proporção na qual o processo erosivo se desencadeia, visto que descrevem os processos relacionados com o desenvolvimento da topografia e da conformação das bacias hidrográficas.

4.2.1 Análise hierárquica da rede de drenagem

Para Christofolletti (1981), a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água no conjunto total da bacia hidrográfica, na qual se encontra e é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos das bacias hidrográficas (análises linear, areal e hipsométrica).

A proposta de hierarquia fluvial ou de ordenação dos cursos d'água foi proposta por Horton (1945), mas outros pesquisadores adaptaram esta proposta, destacando-se Strahler (1952). (Figura 13). Para este estudo, utilizar-se-á a proposta desenvolvida por este último, que define que os menores canais sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente à confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores e, assim, sucessivamente.

Os parâmetros que se destacam na hierarquia da rede de drenagem são: ordem, quantidade e comprimento total dos canais de cada ordem.

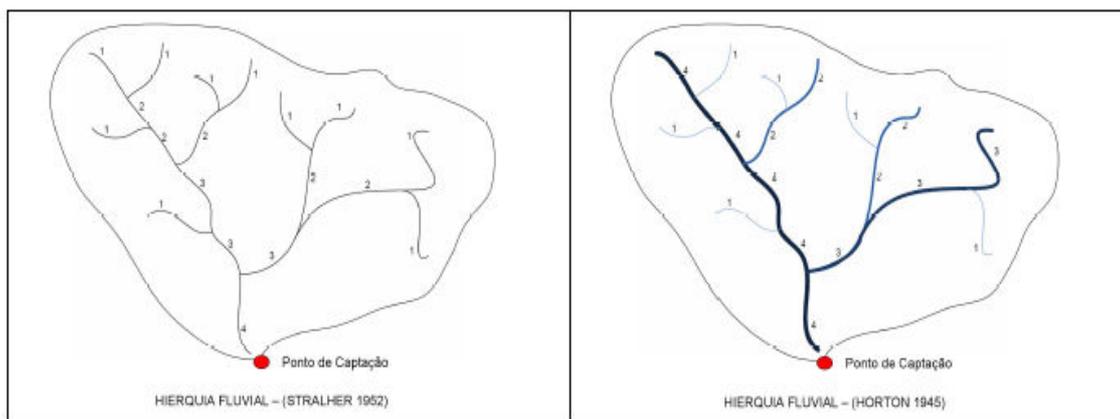


Figura 13: Metodologia da análise hierárquica segundo Horton e Strahler
 Fonte: Aguiar (2009)

4.2.2 Análises linear e areal da rede de drenagem

As análises linear e areal se processam após ter sido realizada a ordenação de canais fluviais e a hierarquia fluvial.

Os índices lineares e areais utilizados nesse trabalho são: relação de bifurcação; comprimento do canal principal (L_m); área da bacia (A); perímetro da bacia (P); fator forma (F); coeficiente de compacidade (K_c); comprimento da bacia (L); forma da bacia (I_c); densidade de rios (D_r); densidade de drenagem (D_d). (Quadro 04). Estes índices foram escolhidos visto que permitem uma maior relação entre as características de rocha, relevo e solos com a rede de drenagem.

Quadro 04: Parâmetros lineares e areais, baseado em Christofolletti (1980).

PARÂMETRO	DEFINIÇÃO	EQUAÇÃO E SIGNIFICADO DOS ÍNDICES
Relação de bifurcação	Relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior.	-----
Comprimento do canal principal (Lm)	Para Christofolletti (1980), é a distância que se estende ao longo do curso e água desde a desembocadura até determinada nascente.	-----
Área da bacia (A)	É toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal.	-----
Perímetro da bacia (P)	É o comprimento linear do divisor topográfico, que pode ser determinado através de um curvímeter ou utilização de software de cartografia digital.	-----
Fator Forma (F) Ou Índice de Circularidade (Ic)	Indica o formato da bacia, relacionando com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo). Este índice constitui outro índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia.	$F = \frac{A}{L^2}$ Sendo: F= fator de forma; A= área de drenagem (m ²); L=comprimento do eixo da bacia (m).
Coefficiente de Compacidade (Kc)	Também conhecido como índice de Gravelius, é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à bacia, conforme afirma Vilela e Mattos (1975). O referido índice é um valor adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Esse coeficiente será maior quanto mais irregular for a bacia. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular.	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ Sendo: Kc= coeficiente de compacidade; P= perímetro e A= área de drenagem (m ²).
Comprimento da bacia (L)	Dentre as várias definições para esta variável, optou-se pela maior distância medida, em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro.	-----
Densidade de rios (Dr)	É a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão como, por exemplo o quilômetro quadrado.	$Dr = \frac{N}{A}$ Sendo: Dr= Densidade de rios; N= número total de rios ou cursos de água; A= área da bacia considerada.
Densidade de drenagem (Dd)	Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica.	$Dd = \frac{Lt}{A}$ Sendo: Dd= densidade de drenagem (Km/Km ²); Lt= comprimento total dos rios (Km); A= área da bacia (Km ²)

4.2.3 Morfometria do relevo

Os parâmetros relativos ao relevo da microbacia foram altitudes mínima, máxima e média, amplitude altimétrica máxima (Hm), relação de relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir) e declividade. Estes foram escolhidos baseados no trabalho de Aguiar (2009) e Christofolletti (1980). (Quadro 05). E, finalmente, o perfil longitudinal do rio Cousa Boa, que demonstra a variação que existe entre a declividade desde a nascente até a foz, em que sua representação gráfica relaciona, para diversos pontos do curso fluvial, a posição altimétrica e a distância até a origem do canal.

Quadro 05: Parâmetros hipsométricos, baseado em Christofolletti (1980).

PARÂMETRO	DEFINIÇÃO	EQUAÇÃO E SIGNIFICADO DOS ÍNDICES
Altitudes mínima, média e máxima	Referem-se à menor altitude altimétrica localizada na foz do canal principal e à maior altitude altimétrica localizada no interior da bacia, respectivamente.	-----
Amplitude altimétrica máxima (Hm)	Refere-se à diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.	-----
Relação de relevo (Rr)	De acordo com Schumm (1956), é uma variável que relaciona a topografia de uma bacia hidrográfica e o seu comprimento máximo. Indica a existência de uma estreita correlação com a perda de sedimentos por unidade de área, que tende a aumentar consideravelmente com o aumento da relação de relevo. Quanto maior o valor, a tendência é que maior seja a velocidade de escoamento e menor a taxa de infiltração.	$Rr = \frac{Hm}{L}$ <p>Sendo: Rr= relação de relevo; Hm= amplitude altimétrica (Km); L= comprimento da bacia (Km)</p>
Índice de Rugosidade (Ir)	O índice de rugosidade foi inicialmente proposto por Melton (1957), para expressar um dos aspectos da análise dimensional da topografia. O índice de rugosidade combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre amplitude altimétrica (Hm) e a densidade de drenagem (Dd).	$Ir = Hm \times Dd$ <p>Sendo: Ir=Índice de rugosidade; Hm= amplitude altimétrica (m); Dd= densidade de drenagem (Km/Km)</p>

4.3 Procedimentos Metodológicos

Antes de iniciar a caracterização morfométrica, foi necessário delimitar a MCB através do Modelo Digital do Terreno (MDT), disponibilizado gratuitamente na internet. Este dado foi gerado a partir do sensor Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e a resolução espacial é de 30 metros. Deste, foram extraídas curvas de nível, com intervalos de 10m e pontos altimétricos, os quais favoreceram a identificação dos divisores topográficos. Posteriormente, traçou-se uma linha divisora de água que liga os pontos mais elevados - topos - da região em torno da drenagem considerada, delimitando a área de estudo. Em seguida, foi extraída a rede de drenagem de forma automática e gerados mapas de hipsometria e declividade. A rede de drenagem foi verificada em alguns trechos da área de estudo, através de pontos coletados em aparelho GPS. As classes de declividade e tipos de relevo encontram-se classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2006), conforme apresentado na tabela 01.

Tabela 01: Porcentagens das classes de declividade e tipos de relevo de acordo com Embrapa (2006).

Classe (%)	Relevo
0-3	Plano
3-8	Suave ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Forte ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Escarpado

O processo de delimitação automática da MCB foi desenvolvido no aplicativo ArcGIS, utilizando-se das extensões (“plugins”): Spatial Analyst e Hydrology Modeling. Foram quatro as etapas utilizadas nesse processo: preenchimento de depressões (“fill sinks”), direção de fluxo (“flow direction”), fluxo acumulado (“flow accumulation”) e delimitação de bacias (“Watershed”). (Figura 14)



Figura 14: Principais etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas a partir de dados SRTM.

O levantamento dos dados digitais, a delimitação da bacia, a hidrografia gerada, mapas de hipsometria e declividade, além de fornecer dados que permitiram a elaboração cartográfica e que determinaram de forma automática os parâmetros morfométricos da micobacia em estudo, visam atender ao diagnóstico da mesma, auxiliando na análise dos resultados da qualidade da água. Os resultados obtidos através da caracterização morfométrica, foram organizados em tabelas.

A figura 15 apresenta, de forma esquemática, o fluxograma das etapas de construção do banco de dados geográficos da área de estudo.

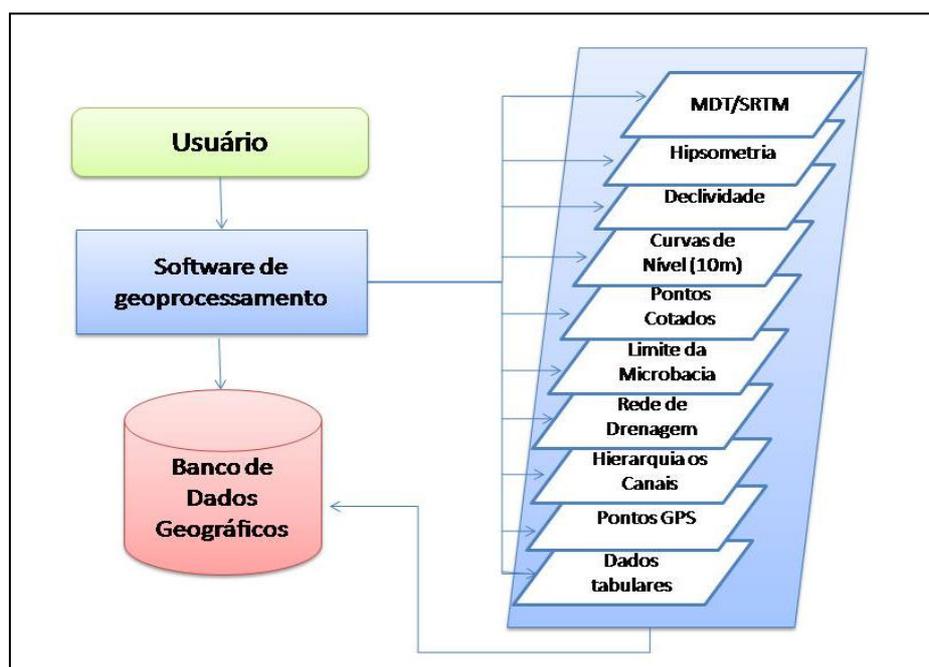


Figura 15: Banco de dados geográficos referente à área de estudo

4.4 Características Morfológicas Fluviais da MCB

A rede de drenagem apresentada é caracterizada por inúmeros córregos, riachos e rios de cursos controlados por fraturas e cavernas naturais e tecnogênicas (Figura 16), produzidas pela atividade garimpeira. O escoamento das águas é rápido, devido à impermeabilidade das rochas predominantes, o que define como torrenciais a maioria dos cursos d'água, com poucos rios perenes. Os principais rios que formam a MCB são: Laranjeiras, Pombos, Tamburi, Vitorino e o Cousa Boa (Quadro 06, figuras 17 e 18), sendo esse último, a principal drenagem da bacia, que se une ao Rio Piabas e, logo em seguida, deságua no Rio Paraguaçu.



Figura 16: Fraturas e cavernas tecnogênicas

Quadro 06: Origem dos nomes dos rios que compõem a MCB, através de informação de morador local

RIOS	ORIGEM DO NOME DOS RIOS
Rio Tamburi	Árvores utilizadas para fazer bacias para o garimpo de diamantes: bateia (maior) e o carumbé (menor)
Rio dos Pombos	Existência de árvore chamada de pau pombo, cujos pássaros se alimentam.
Córrego do Meio	Localizado entre o rio dos Pombos e o vale do capão de Igtu.
Rio Laranjeiras	Devido a uma imensa mata onde se plantavam muita laranjeira.
Rio Cossa Boa	Cossa Boa é uma localidade após a Madalena de Baixo e que recebeu esse nome porque daria muitos diamantes e de boa qualidade.

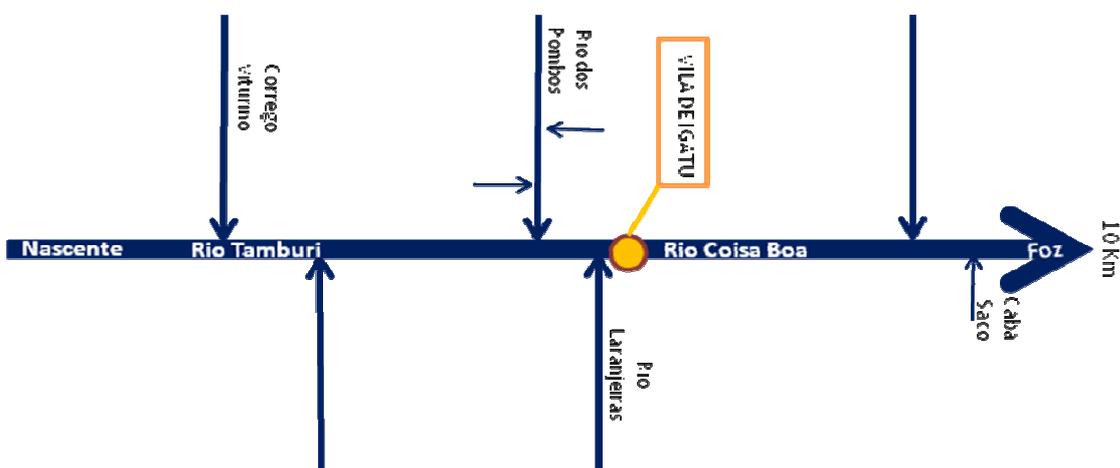


Figura 17: Diagrama unifilar com os principais rios da MCB.



Figura 18: Alguns dos principais rios que formam a MCB: Rio dos Pombos (A e B); Córrego do Meio (C) e Rio Tamburi (D)

Ao observar o curso do Rio Cousa Boa, nota-se que este apresenta leito rochoso, com aparência polida, devido à fricção de grãos, seixos e blocos que deixam as rochas lisas e suavizadas e também de blocos de rochas desprendidos. Em alguns pontos, principalmente a jusante, são identificadas marmitas (Figura 19), formas circulares, com paredes internas lisas, possuindo diversos diâmetros e profundidades, ocorrendo de forma isolada ou em grupo, as quais podem, com o tempo, ir se aprofundando e alargando e vir a formar canais mais profundos, como canais de escoamento de água.



Figura 19: Marmitas encontradas no leito do Rio Cousa Boa. A- Em grupo; B-Marmita com alguns seixos; C- marmita com bloco

Quanto à utilização da rede de drenagem gerada a partir dos dados SRTM, são de grande valia quando não se possui informações sobre a unidade espacial de estudo, ou estas são insuficientes. Observa-se que tais dados tendem a reduzir a sinuosidade dos canais fluviais de pequena e média ordem, fato que pode ser constatado quando comparada com a rede de drenagem das cartas topográficas. Contudo, essa variação não foi tão significativa na área de estudo, frente ao tipo de padrão fluvial da MCB ser controlado estruturalmente. (Figura 20)

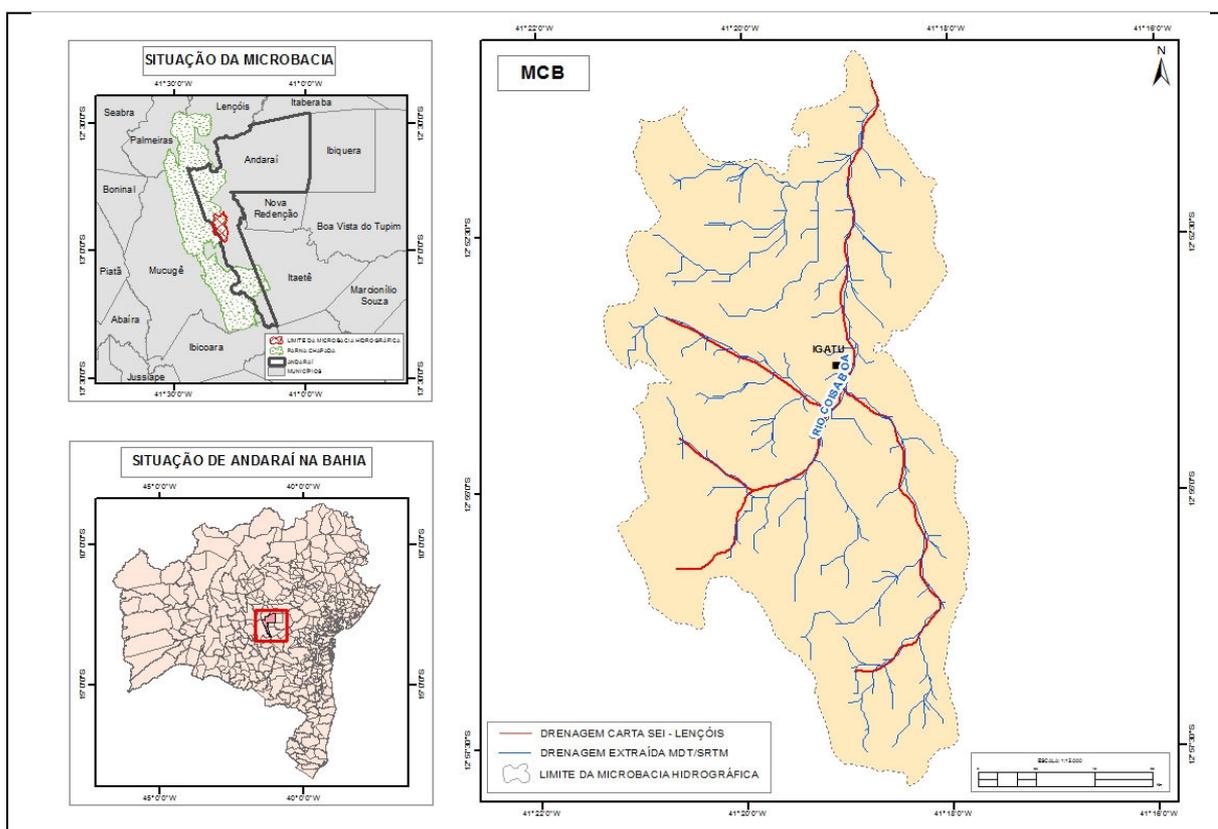


Figura 20: Comparação entre a rede de drenagem da SEI e geradas a partir de MDT

Quanto à disposição espacial do padrão de drenagem, a MCB classifica-se, em sua maior parte, como sendo do tipo retangular. Por padrão de drenagem, Christofolletti (1980), define como sendo o arranjo espacial, os cursos fluviais que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. O padrão retangular é uma modificação da drenagem em treliça, caracterizando pelo aspecto ortogonal devida às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais, tanto nas principais como

tributárias, no caso da MCB foi a dinâmica tectônico-estrutural a responsável pelo padrão, já que a litologia é bastante homogênea, construída quase que exclusivamente por arenitos e metarenitos da Formação Tombador (CPRM, 1994).

A MCB foi analisada também a partir das análises dos parâmetros morfométricos: hierárquicos, linear, areal da rede de drenagem e análise hipsométrica da bacia hidrográfica.

4.4.1 Parâmetros Morfométricos da Rede de Drenagem

De acordo com a hierarquização realizada da rede de drenagem, esta microbacia é classificada como de 5ª ordem, de acordo com a hierarquia de Strahler (1952), possuindo 253 ligamentos totais, ou seja, número total de canais de escoamento. Quanto mais ramificada a rede, mais eficiente é o sistema de drenagem.

A tabela 02 apresenta a hierarquia da MCB, com número de segmentos de canais para cada ordem hierárquica e seu comprimento total e a figura 21, apresenta o limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem extraída de forma automática e hierarquização dos trechos e drenagem.

Tabela 02: Hierarquia da MCB com número de seguimento de canais para cada ordem hierárquica e seu comprimento total

HIERARQUIA	NÚMERO DE CANAIS	COMPRIMENTO TOTAL (Km)
1 Ordem	137	39,7
2 Ordem	25	21,95
3 Ordem	8	19,15
4 Ordem	2	7,18
5 Ordem	1	1,18
Total	253	89,16

A hierarquização e contagem do número de canais em cada ordem foram úteis para outros cálculos morfométricos tais como: relação de bifurcação, densidade dos rios e o índice de bifurcação. Lembrando que todos os cálculos são cumulativos, ou seja, um cálculo depende do outro para ser efetuado.

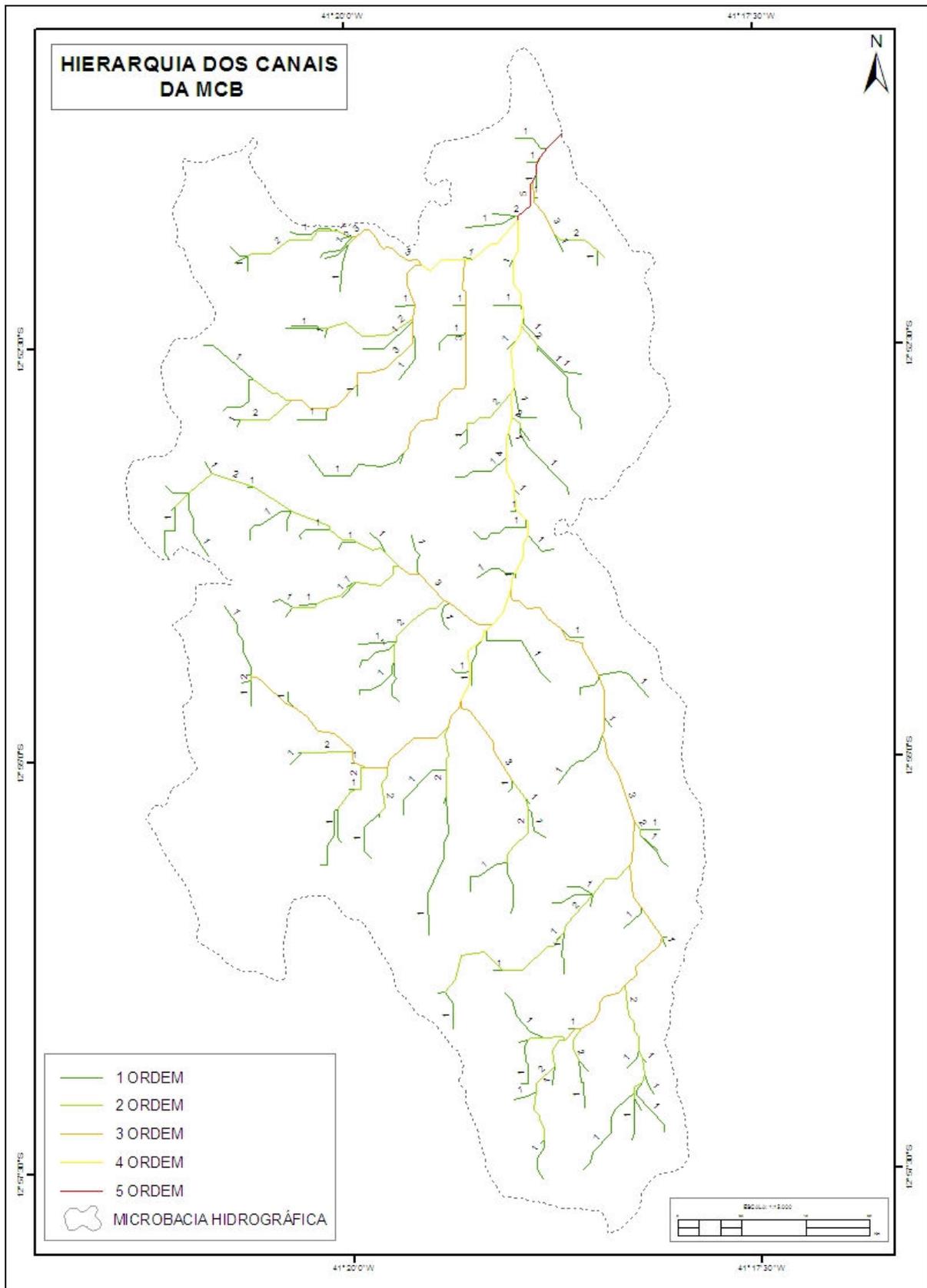


Figura 21: Limite da bacia hidrográfica, rede de drenagem extraída de forma automática e hierarquização dos trechos e drenagem.

A utilização do MDT SRTM possibilitou o levantamento e mensurações das variáveis morfométricas: linear, areal e do relevo. Os índices lineares e areais utilizados nesse trabalho são: relação de bifurcação; comprimento do canal principal (Lm); área da bacia (A); perímetro da bacia (P); comprimento da bacia (L); fator forma (F); coeficiente de compacidade (Kc); índice de circularidade (Ic); densidade de rios (Dr); densidade de drenagem (Dd); coeficiente de manutenção (Cm).

Quanto a relação de bifurcação da MCB, os resultados encontrados foram: 5,48 para a relação entre o número de canais de primeira e de segunda ordens, para a razão entre os canais de segunda e terceira ordem o resultado foi 3,13, a relação de bifurcação entre os canais de terceira e quarta ordens foi de 4,00 e a entre quarta e quinta ordens foi 2. Todos os resultados foram superiores ou iguais a dois ($Rb \geq 2$) como estabelecido por Strahler. (Tabela 03)

Tabela 03 – Hierarquia dos canais, número de canais e o índice de bifurcação da MCB

HIERARQUIA	NÚMERO DE CANAIS	ÍNDICE DE BIFURCAÇÃO
1 Ordem	137	-----
2 Ordem	25	5,48
3 Ordem	8	3,13
4 Ordem	2	4,00
5 Ordem	1	2,00

Segundo Silva et al. (2003), o valor desse parâmetro é maior para áreas amorreadas, com bacias de drenagem muito dissecadas, sendo o índice de bifurcação de 3 a 4 e, em áreas colinosas, somente 2. De acordo com a afirmação desse autor, a maior parte dos canais apresenta forte dissecção e áreas amorreadas, contudo, como na área de estudo, a mineração de diamantes que ocorreu de forma intensa, retirou toda a cobertura sedimentar, deixando exposta a rocha. O relevo se apresenta com aspecto ruiforme e com arestas.

No que diz respeito a outro índice de análise linear, o comprimento do rio principal que, neste caso, é um canal de 5ª ordem, possui uma extensão de 10 km.

Em se tratando dos índices que fazem parte da análise areal, a área da MCB foi classificada como unidade pequena, pois sua área de drenagem é de 50,04 Km² e o perímetro é de 36,77 Km.

A forma da bacia é determinada por índices que se relacionam com formas geométricas conhecidas, como o fator forma (F), que se relaciona a um retângulo e o coeficiente de compacidade (Kc), que relaciona a um círculo. Conforme afirma Tonello et al (2006), a forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Assim, o fator de forma da bacia é de 4,06 e o coeficiente de compacidade é de 1,46. Esses valores indicam que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, a um formato alongado. De acordo com Vilela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Assim, a MCB apresenta baixo risco de enchentes nas condições normais de precipitação, o que se reforça ao observar a baixa sinuosidade do curso d'água principal que, além disso, possibilita maior velocidade na dispersão de poluentes.

Quanto ao comprimento da bacia, cujo cálculo foi feito considerando a foz e o ponto mais distante do perímetro, foi de 12,3 Km.

De acordo com Barbosa e Furrier, o índice morfométrico referente à densidade de rios é de extrema importância, pois representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um dos seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água. Assim, a densidade de rios da MCB é de 5,05 canais por km².

Quanto ao resultado obtido com o cálculo da densidade da drenagem foi de 1,78 km/ km² e, ao comparar o resultado encontrado com uma tabela desenvolvida por Christofletti (1969) apud Silva et al.(2003), pode-se inferir que a MCB possui uma baixa densidade de drenagem, apesar de possuir uma forte dissecação em seus canais. (Tabela 04)

Tabela 04: Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.

Classes de valores (km (km²) -1)	Interpretação
Menor que 7,5	Baixa densidade de drenagem
Entre 7,5 e 10	Média densidade de drenagem
Maior que 10	Alta densidade de drenagem

Fonte: Christofolletti (1969)

Quanto aos parâmetros relativos ao relevo, utilizou-se os seguintes parâmetros: altitude mínima da bacia, altitude máxima da bacia, amplitude altimétrica máxima da bacia, relação de relevo, índice de rugosidade e declividade.

A altitude mínima da microbacia hidrográfica é igual a 321m; a altitude máxima é de 1.327m e a altitude média é de 824m. Observa-se, portanto, que a amplitude altimétrica é de 1.006m. A tabela 05 apresenta o resumo das características hipsométricas da MCB.

Tabela 05: Análises das características hipsométricas da MCB, Igatu – BA.

Altitude mínima(m)	Altitude média(m)	Altitude máxima(m)	Amplitude altimétrica(m)	Relação de relevo	Índice de rugosidade
321	824	1.327	1.006	0,08	565,16

Quanto à análise do perfil longitudinal dos canais principais, ratifica-se que o Rio Cousa Boa possui uma extensão de 10 Km e, no perfil longitudinal, as altitudes variam de aproximadamente 1.100m na nascente (ponto A) a 300m (ponto B) na foz (Figura 22), com amplitude altimétrica total de 800m.

O mapa hipsométrico apresentou 19 classes altimétricas com equidistância de 50m, com vistas a representar a variação altimétrica na área de estudo.

Com relação à forma do relevo, pode-se considerar que a MCB apresenta as maiores declividades nas seguintes classes respectivamente:

relevo suave ondulado (40,3%), plano (25,9%), ondulado (17,5%), tendo as classes com menor área correspondentes a forte ondulado (8,5%), montanhoso (6,4%) e escarpado (1,4%).(Tabela 06)

De acordo com Rostagno (1999) *apud* Pinto et al (2005), nas classes de declividade acima de 20%, o relevo acentuado faz com que o escoamento superficial seja rápido na maior parte dos solos, podendo causar sérios problemas de erosão. Assim, boa parte da bacia encontra-se acima desse percentual de declividade sendo que o neossolo litólico e afloramentos rochosos presentes na MCB, não permitem a infiltração das águas pluviais, acentuando o escoamento superficial.

Os mapas de declividade e hipsometria são apresentados na figura 23.

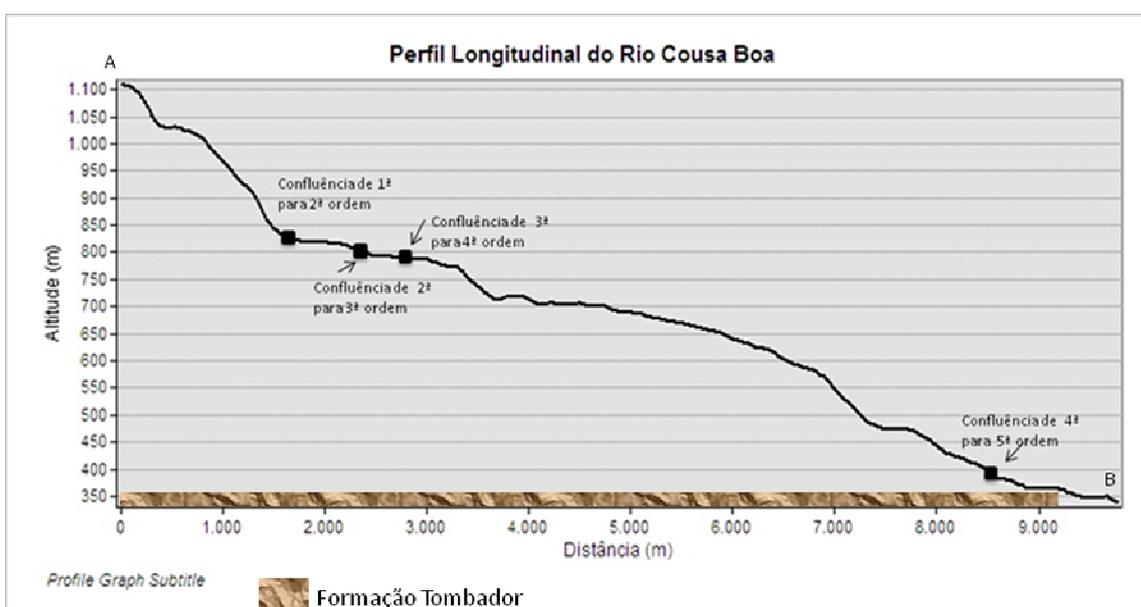


Figura 22: Perfil longitudinal do Rio Cousa Boa, da nascente (A) até a foz (B)

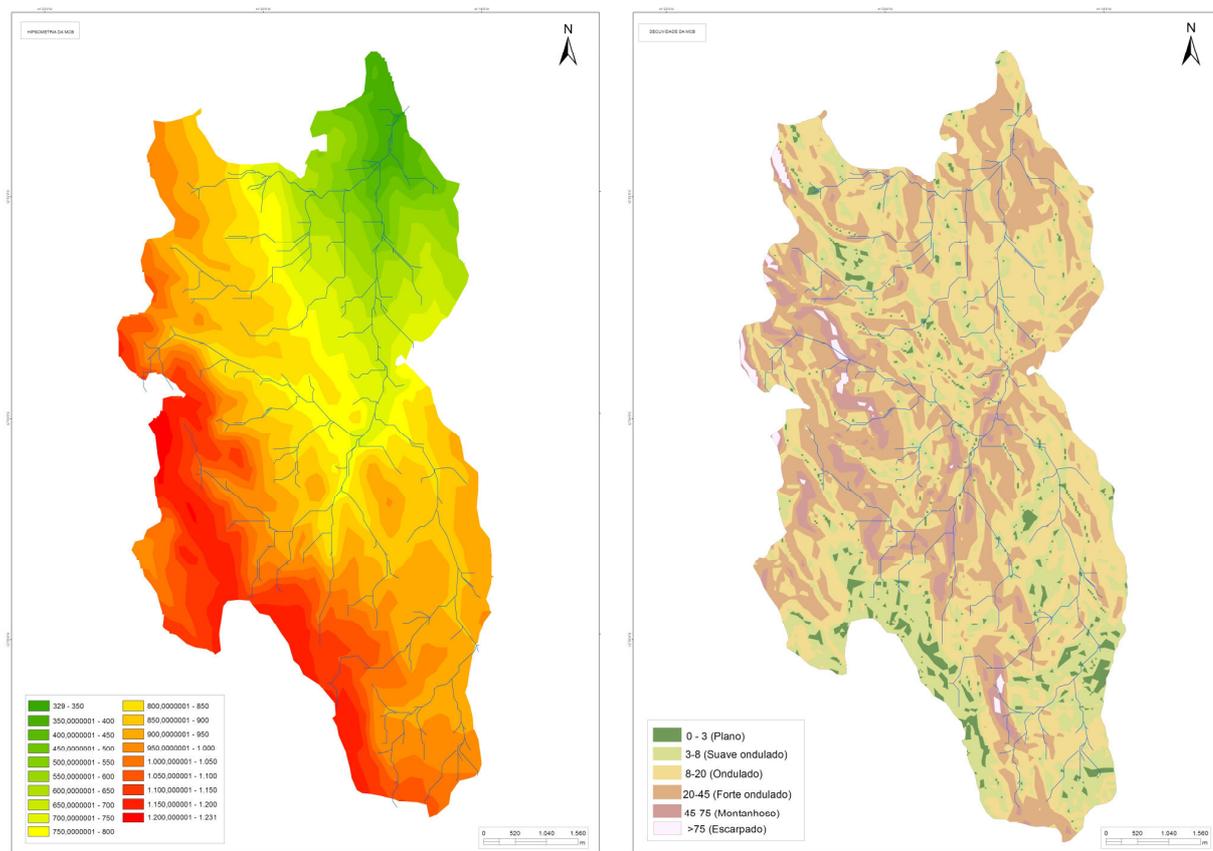


Figura 23: Mapas hipsométrico e de declividade da MCB

Tabela 06: Porcentagens das classes de declividade e tipos de relevo da MCB

Classe (%)	Relevo	Área (ha)	Área (%)
0-3	Plano	76,78	25,9
3-8	Suave ondulado	119,44	40,3
8-20	Ondulado	51,78	17,5
20-45	Forte ondulado	25,08	8,5
45-75	Montanhoso	18,97	6,4
>75	Escarpado	4,13	1,4
		296,20	100,0

A tabela 07 apresenta o resumo das características da MCB.

Tabela 07: Características dos parâmetros morfométricos da MCB

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	UNIDADE	VALORES
Ordem da Bacia	----	5
Comprimento do canal principal	Km	10
Área da bacia	Km ²	50,04
Perímetro da Bacia	Km	36,77
Comprimento da Bacia	Km	12,3
Fator Forma	----	4,06
Coefficiente de Compacidade	----	1,46
Índice de Circularidade	----	0,46
Densidade de Rios	(Canais/Km ²)	5,05
Densidade de Drenagem	(Km/Km ²)	1,78
Coefficiente de Manutenção	(m ² /m)	555,55
Altitude mínima	m	321
Altitude média	m	824
Altitude Máxima	m	1.327
Amplitude Altimétrica	m	1.006
Relação de Relevo	Km	0,08
Índice de Rugosidade	----	565,16

4.5 Considerações Finais

Dessa forma, afirma-se que os índices apresentados nesse trabalho foram escolhidos, uma vez que permitem uma maior relação entre as características de rocha, relevo e solos, com a rede de drenagem. Entre os principais conclusões tem-se: uma bacia de 5^a ordem, cujo rio principal possui uma extensão de 10 km de acordo com a hierarquia de Strahler, com 253 canais de escoamento, uma área de drenagem de 50,04 Km² e o perímetro é de 36,77 Km. Quanto aos valores da relação de bifurcação encontrados para cada ordem dos canais, afirma-se que a maior parte deles apresenta forte dissecação e áreas amorreadas. O fator de forma da bacia é de 4,06 e o coeficiente de compacidade é de 1,46. Esses valores indicam que a bacia não possui formato semelhante ao de uma circunferência, correspondendo, portanto, a uma bacia alongada, o que possibilita maior velocidade na dispersão de poluentes e não propensão a enchentes. A análise dos gradientes altimétricos da bacia é importante, pois permite verificar que a área de estudo possui um desnível topográfico superior a 1.000m, com altitude média de 824m

e máxima de 1.327m. Assim, conclui-se que o software ArcMap 9.3 se mostrou uma boa ferramenta para a caracterização física de bacias hidrográficas.

V. QUALIDADE DAS ÁGUAS DA MCB

Nesse capítulo serão apresentados e discutidos resultados referentes à qualidade físico-química da água. Embasam estas análises a discussão sobre o significado ambiental dos parâmetros apresentadas a seguir, bem como os aspectos conceituais de qualidade da água e a legislação pertinente, apresentados no capítulo do referencial teórico.

5.1 Significado Ambiental dos Parâmetros Indicadores de Qualidade Físico-Química da Água

De acordo com Gastaldini e Mendonça (2001), a avaliação completa da qualidade dos corpos d'água deve ser fundamentada em três principais componentes: hidrológica, físico-química e biológica. Nesta pesquisa, levou-se em consideração as características físico-químicas. Tais parâmetros de qualidade da água de acordo com Von Sperling (2005) são uma tradução de forma ampla e simplificada, dos diversos componentes presentes na água e que alteram seu grau de pureza.

- *Características Físicas*

As características físicas abordadas nessa pesquisa são temperatura e turbidez, as quais são medidas em escalas próprias.

Temperatura: reflete a intensidade de calor absorvido. É um parâmetro importante, pois influi em algumas propriedades dentre elas, a densidade de oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática. De acordo com Derisio (1992), a presença dos gases na água ou mais exatamente a solubilidade dos gases nos líquidos é inversamente proporcional à temperatura. Assim, quanto maior a temperatura, menor a possibilidade de esse líquido reter os gases.

Segundo Gastaldini e Mendonça (2001), os corpos d'água apresentam variação de temperatura, de acordo com flutuação das condições climáticas, tanto sazonais como no período de 24 horas. Influenciam dessa forma, processos físicos, químicos e biológicos em corpos d'água, afetando a concentração de diversas variáveis. Aumento de temperatura é acompanhado

por aumento de velocidade de reações químicas e por redução da solubilidade de gases na água, tais como O_2 , CO_2 , N_2 e CH_4 , além do aumento da demanda de oxigênio e da decomposição de matéria orgânica. Na presença de nutrientes, o aumento de temperatura resulta em aumento de crescimento de macrófitas e da floração de algas.

Turbidez: causada pela presença de materiais em suspensão na água, tais como partículas insolúveis de solo, matéria orgânica e organismos microscópicos, argila, silte, compostos orgânicos solúveis, plâncton, que podem ou não ser coloridas. Para Derisio (1992), a presença de turbidez pode ocorrer natural ou artificialmente, em função do processo de erosão e lançamento de despejos domésticos e industriais. Do ponto de vista sanitário, a turbidez poderá afetar esteticamente os corpos d'água ou ainda encarecer os processos de tratamento para fins de abastecimento público e industrial. A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez e que promove redução de penetração de luz, podendo atingir a fauna e a flora aquáticas. Outro fator a ser considerado com relação à fauna e à flora é que poderão sofrer distúrbios em função da redução em termos de penetração de luz.

- *Características Químicas*

As características químicas abordadas nesta pesquisa são: sólidos totais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fósforo total e oxigênio dissolvido (OD). Tais parâmetros são usualmente dados em concentração (mg/l).

Sólidos totais: A detecção de sólidos suspensos ou dissolvidos indica a possibilidade de turvação da água com o impedimento da penetração da luz, influenciando todo o processo biótico. Sais dissolvidos como sódio, cloretos, magnésio e sulfato, contribuem com valores elevados de resíduos filtráveis (sólidos dissolvidos totais - SDT), alterando as propriedades físico-químicas da água.

pH: Potencial hidrogeniônico. Representa a concentração de íons hidrogênio H^+ , dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade

ou alcalinidade da água. Para Derisio (1992), pH é a relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H^+) e íons (OH^-). A faixa de pH varia de 0 a 14 (muito ácido a muito alcalino). Quando ocorre a predominância de íons (H^+) temos valores de pH menor que 7,0, é o chamado pH ácido. No caso de predominar íons (OH^-), o pH será maior que 7,0 e teremos o pH básico.

De acordo com a APHA (2005), o potencial hidrogeniônico da água (pH) define a neutralidade, alcalinidade ou acidez da água sendo, portanto, um parâmetro integrador visto que depende de outras características físico-químicas da água, tais como cátions, ânions, sólidos dissolvidos e biológicos, como a fotossíntese, a respiração, entre outros.

Para Gastaldini e Mendonça (2001), o pH influencia muitos processos biológicos e químicos nos corpos d'água e os processos associados com abastecimento e tratamento de águas residuárias.

O pH é de fundamental importância para diversas etapas do tratamento da água, quer seja potável ou residual (coagulação, desinfecção, remoção de dureza, controle da corrosividade). Pode provocar corrosão (pH baixo) ou incrustação (pH alto) nas tubulações, afetar a vida aquática e o tratamento biológico de esgoto.

Os organismos aquáticos (peixes) estão melhores adaptados às condições de neutralidade, numa faixa entre 6,0 a 9,0, uma alteração destes valores na água pode significar o desaparecimento de organismos aquáticos.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica decomponível aerobicamente por via biológica. Para Gastaldini e Mendonça (2001), é uma medida aproximada da quantidade de matéria orgânica biodegradável presente em uma amostra de água. Portanto, DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária, em um meio aquático, à respiração de microorganismos aeróbicos, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou de outros resíduos orgânicos. A determinação da DBO é feita em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante cinco dias, à temperatura de 20°C.

De acordo com Mota (2000), representa a quantidade de oxigênio que seria necessário oferecer às bactérias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto).

Nitrato: dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estágios de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: nitrogênio molecular (N_2) escapando para a atmosfera; nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão); amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). O nitrato é o produto final da oxidação do nitrogênio.

Fosfato: o fósforo na água apresenta-se, principalmente, nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água dependem do pH. Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo.

Oxigênio Dissolvido (OD): de acordo com Von Sperling (2007), o OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição por despejos orgânicos. Constitui-se de fundamental importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio.

Para Derisio (1992),

A introdução de OD numa água pode-se dar através do ar atmosférico, do fenômeno de fotossíntese e da ação de aeradores ou insufladores de ar. O teor de oxigênio varia principalmente com a temperatura e com a altitude. As reduções nas concentrações de oxigênio nos corpos d'água são provocados principalmente por despejos de origem orgânica. A ausência completa de oxigênio num corpo d'água pode dar origem à formação de gases objetáveis H_2S , mercaptanas e etc.), além de não permitir a vida de nenhum ser aeróbio. (Derisio, 1992, p.49)

Quanto às variáveis de qualidade das águas supracitadas, pode-se observar seus limites individuais para os parâmetros físicos e químicos em

cada uma das classes de enquadramento dos corpos hídricos, prevista na resolução CONAMA 375/2005, na tabela 08.

Tabela 08 – Variáveis de qualidade das águas, monitoradas e limites individuais para os parâmetros físicos e químicos em cada uma das classes de enquadramento dos corpos hídricos na resolução CONAMA 375/2005.

VARIÁVEIS	UNIDADE	LIMITES RESOLUÇÃO CONAMA 357/05			
		CLASSE I	CLASSE II	CLASSE III	CLASSE IV
FÍSICAS					
		Até 40			
TURBIDEZ	UNT		Até 100	Até 100	
TEMPERATURA	°C	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
QUÍMICAS					
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	500	Não aplicável		
pH	unidades	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	
	mg.L				
FOSFATO TOTAL	⁻¹ P				
NITRATO	mg/L N	10		10	
DBO	mg/L-1 O2	Até 3	5	Até 10	
		Inferior a 6		Não inferior a	
OD	mg.L-1 O2		Mínimo de 5,0	4	

5.2 Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos para estudar a qualidade da água da MCB envolveram quatro etapas: planejamento amostral, coleta de campo, acondicionamento e transporte, análise das amostras em laboratório e, finalmente, tratamento estatístico dos dados.

Para o planejamento amostral nos pontos de coleta, utilizou-se inicialmente a rede hidrográfica da SEI (1953) e a rede de drenagem extraída do SRTM, escolhendo-os após duas campanhas preliminares de campo, considerando a melhor distribuição espacial para conhecimento da bacia. Utilizou-se elementos como: nascentes, encontros de rios, área urbana, locais de lançamento de efluentes urbanos e de recreação de contato primário de turistas e da comunidade local, bem como a capacidade do laboratório

envolvido. Foram definidos 10 pontos para coleta mensal (priorizando pontos mais próximos à área urbana, os quais tinham maior interferência humana) para estudar a depuração dos efluentes e alguns importantes pontos turísticos e mais 10, para coleta trimestral (de modo a abarcar toda a microbacia), totalizando assim, 20 pontos. (Figura 24 e tabela 09).

No que se refere ao período de coleta, acondicionamento e transporte, foram realizadas durante treze meses, entre fevereiro (2010) a fevereiro (2011). Os pontos de amostragem foram localizados com o GPS Garmim e, em cada ponto, recolheu-se as amostras para análises laboratoriais físicas e químicas da água, seguindo-se as padronizações descritas no Standart Methods for Water and Wastewater Examination, APHA (2005), especialmente quanto a cuidados com preservação e transporte das mesmas, as quais foram acondicionadas em caixa térmica com gelo.

As amostras foram identificadas uma a uma, de acordo com a análise a ser realizada (figura 25), acondicionadas para transporte e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da Universidade Estadual de Feira de Santana (LABOTEC/UEFS), num período máximo de 24 horas entre a coleta e o início do teste laboratorial.

DATA	
HORÁRIO	
PONTO DE COLETA	
TIPO DE ANÁLISE	
TÉCNICO	

Figura 25: Etiqueta de identificação para garrafas de recolhimento de amostras de água

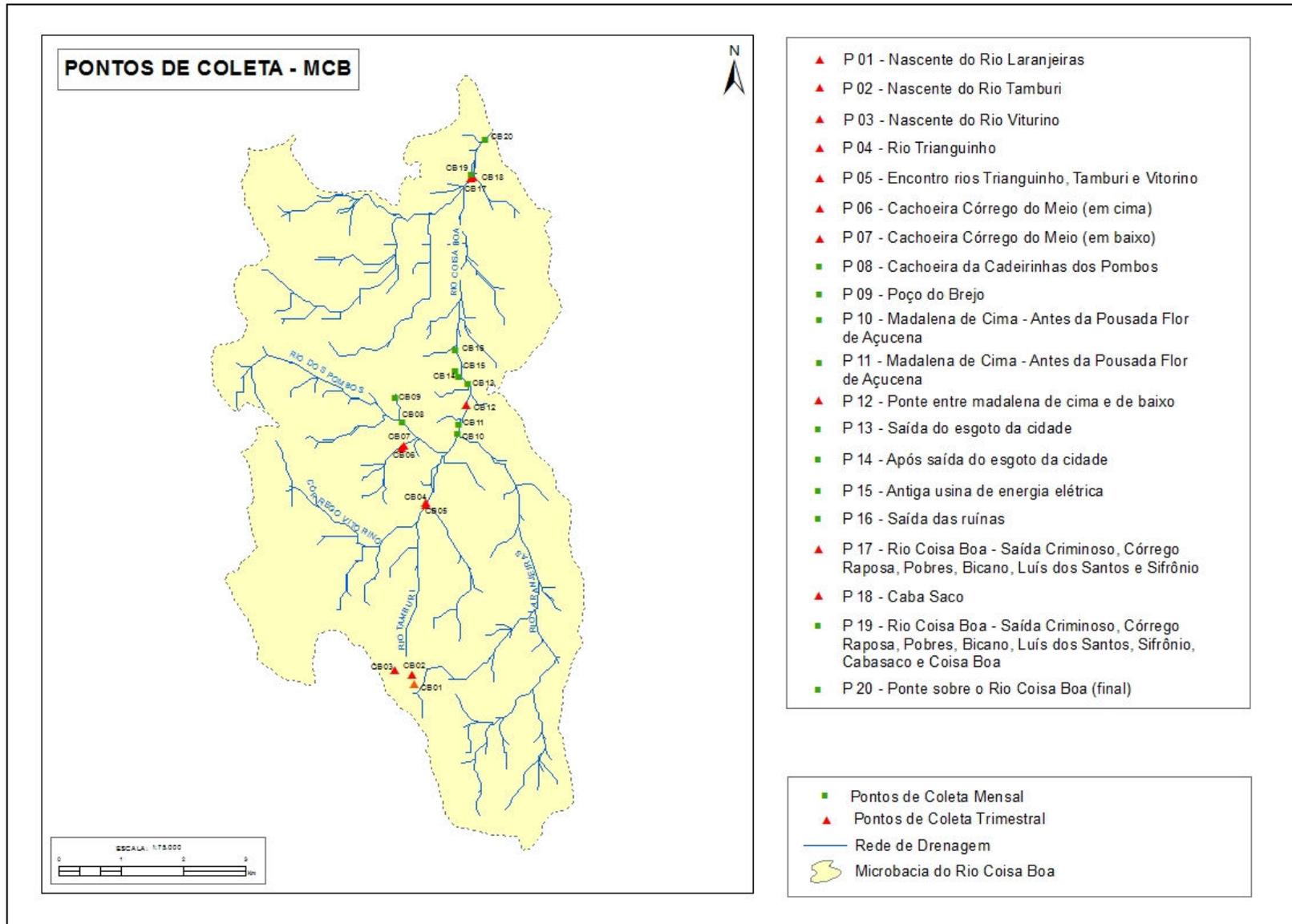


Figura 24: Distribuição espacial dos pontos de coleta de água, mensais (10) e trimestrais (10) da MCB.

Tabela 09: Pontos de coletas das amostras de água, nome, descrição e localização geográfica do corpo d'água na MCB

PONTOS	NOME	NOME DO RIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUDE(m)	DESCRIÇÃO	FIGURA
Ponto 01	P 01	Rio Laranjeiras	Nascente do Rio Laranjeiras	247844 8568483	1125	Água transparente e avermelhada, vegetação de médio porte, neossolo litólico com nível "O" matéria orgânica, desenvolvido sobre rocha quartzo-arenítica da formação Tombador.	26
Ponto 02	P 02	Rio Coisa Boa	Nascente do Rio Tamburi	247810 8568643	1098	Água transparente e incolor, vegetação rasteira. Neossolo litólico com nível "O" (matéria orgânica) desenvolvido.	27
Ponto 03	P 03	Córrego Viturino	Nascente do Córrego Viturino	247521 8568723	1142	Água transparente e incolor, vegetação de médio porte, matéria orgânica sobre afloramentos da Formação Tombador, quartzosos, neossolo litólico com nível "O" presente.	28
Ponto 04	P 04	Rio Trianguinho	Rio Trianguinho	248042 8571560	771	Local com água transparente e avermelhada, vegetação de médio porte. Neossolo litólico com nível "O" (matéria orgânica) desenvolvido sobre rocha quartzo-arenítica da Formação Tombador.	29
Ponto 05	P 05	Rio Trianguinho	Encontro dos rios Trianguinho, Tamburi e Viturino	248054 8571597	780	Água transparente e avermelhada, vegetação de médio porte nas margens.	30
Ponto 06	P 06	Córrego do Meio	Cachoeira do Córrego do Meio (em cima)	247636 8572522	791	Água transparente e avermelhada, vegetação de médio porte nas margens.	31
Ponto 07	P 07	Córrego do Meio	Cachoeira do Córrego do Meio (em baixo)	247671 8572563	777	Local de água transparente e avermelhada, vegetação de médio porte nas margens.	32
Ponto 08	P 08	Rio dos Pombos	Cachoeira das Cadeirinhas dos Pombos	247637 8572964	769	Local de recreação de contato primário, com água transparente e avermelhada. Vegetação de médio porte nas margens.	33
Ponto 09	P 09	Poço do Brejo	Poço do Brejo	247519 8573370	663	Lagoa dentro da grana garimpeira, com águas escuras e aparentemente paradas. Local de recreação de contato primário. Área de antigo garimpo Brejo-Verruga, hoje utilizado pela atividade turística.	34
Ponto 10	P 10	Rio Coisa Boa	Madalena de Cima – Pousada Flor de Açucena	248581 8572773	702	Água transparente e avermelhada com utilização para recreação de contato primário. Local com alta luminosidade.	35

PONTOS	NOME	NOME DO RIO	LOCALIZAÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUDE(m)	DESCRIÇÃO	FIGURA
Ponto 11	P 11	Rio Coisa Boa	Madalena de Cima – Antes Pousada Flor de Açucena	248617 8572931	723	Apresenta características semelhantes ao ponto 05. Local de recreação de contato primário.	36
Ponto 12	P 12	Rio Coisa Boa	Ponte sobre o Rio Coisa Boa (entre Madalena de cima e de baixo)	248745 8573264	693	Água transparente e avermelhada. Local de recreação de contato primário.	37
Ponto 13	P 13	Rio Coisa Boa	Saída do esgoto da cidade	248775 8573615	687	Presença de musgos nas rochas, dejetos animais. Acima desse posto, localiza-se o cemitério da cidade	38
Ponto 14	P 14	Rio Coisa Boa	Após saída do esgoto	248609 8573736	672	Água transparente e avermelhada. Presença de afloramentos rochosos, arenitos da Formação Tombador.	39
Ponto 15	P 15	Rio Coisa Boa	Antiga usina de energia elétrica	248554 8573842	665	Água transparente e avermelhada, sobre afloramentos areníticos da Formação Tombador.	40
Ponto 16	P 16	Rio Coisa Boa	Saída das ruínas	248557 8574186	662	Água transparente e avermelhada, sobre afloramentos areníticos da Formação Tombador. Pouca vegetação próxima ao local de análise e alta luminosidade.	41
Ponto 17	P 17	Rio Coisa Boa	Saída Criminoso, córrego raposa, Pobres, Bicano, Luís dos Santos, Sifrônio	248827 8577128	361	Água transparente e incolor. Ausência de vegetação nas margens.	42
Ponto 18	P 18	Córrego Caba Saco	Caba Saco	248857 8577161	364	Local de água branca, mas devido ação antrópica a água apresenta-se barrenta. Segundo membros locais da equipe é causada por garimpo e no local de coleta, ausência de vegetação, com blocos de rochas areníticas conglomeráticas.	43
Ponto 19	P 19	Rio Coisa Boa	Saída Criminoso, córrego raposa, Pobres, Bicano, Luís dos Santos, Sifrônio, Cabasaco, Coisa Boa	248827 8577199	365	Água transparente e incolor, aparentando mistura de água turva. Ausência de vegetação nas margens.	44
Ponto 20	P 20	Rio Coisa Boa	Foz do Rio Coisa Boa	249063 8577797	334	Local de difícil acesso, rodeado por blocos de rochas areníticas e nas proximidades praias fluviais. Não há vegetação ao redor desse ponto.	45



Figura26: (P01) Nascente do Rio Laranjeiras.



Figura 27: (P02) Nascente Rio Tamburi.



Figura 28: (P03) Nascente do Córrego Vitorino



Figura 29: (P04) Rio Trianguinho.



Figura 30: (P05) Encontro rios Trianguinho, Tamburi e Vitorino.



Figura 31: (P06) Após Cachoeira Córrego do Meio.



Figura 32: (P07) Antes da Cachoeira Córrego do Meio.



Figura 33: (P08) Próximo à Cachoeira das Cadeirinhas dos Pombos.

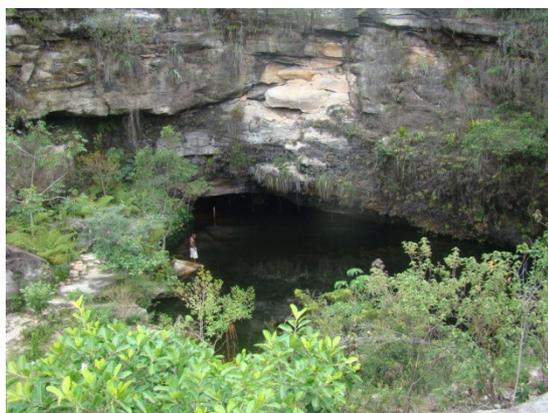


Figura 34: (P09) Local conhecido como Poço do Brejo.



Figura 35: (P10) Local conhecido como Madalena de Cima, próximo à Pousada Flor de Açucena.



Figura 36: (P11) Local conhecido como Madalena de Cima, ponto antes da Pousada Flor de Açucena.



Figura 37: (P12) ponte sobre o Rio Cousa Boa (entre as Madalenas de Cima e de Baixo).



Figura 38: (P13) Local de saída dos efluentes (esgoto) da Vila de Igatu no Rio Cousa Boa.



Figura 39: (P14) Abaixo de uma das saídas de esgoto da Vila de Igatu.



Figura 40: (P15) Local próximo à antiga usina de energia elétrica no Rio Cousa Boa. Águas transparentes e avermelhadas sobre afloramentos areníticos da Formação Tombador.



Figura 41: (P16) Local próximo às ruínas Luís dos Santos.



Figura 42: (P17) Local de encontro de vários rios antes de desaguar no Rio Cousa Boa.



Figura 43: (P18) Caba Saco.



Figura 44: (P19) Local de encontro de vários rios com o Cousa Boa, antes de desaguar no Rio Paraguaçu.



Figura 45: (P20) Ponte sobre a rodovia BA 142, sobre o Rio Cousa Boa, prestes a desaguar no Paraguaçu.

No que se refere às análises das amostras, tem-se duas situações: (1) dados coletados por equipamentos em campo: turbidez, temperatura, pH, OD, condutividade e salinidade e (2) dados de laboratório: sólidos totais, fosfato, nitrato, DBO. No quadro 07, são apresentados equipamentos em campo e métodos de análise da qualidade da água utilizados nessa pesquisa.

Quadro 07: Equipamentos em campo e métodos de análise da qualidade da água utilizados nessa pesquisa

PARÂMETROS	EQUIPAMENTOS	MÉTODOS
PARÂMETROS FÍSICOS		
Turbidez	Turbidímetro Portátil - HI-93703C – HANNA	Medida direta em campo
Temperatura	Medidor de Oxigênio Dissolvido- DO-5519- LUTRON	Medida direta em campo
PARÂMETROS QUÍMICOS		
Sólidos Totais	Gravimétrico	NBR 10664/1989
pH	pH Metro Digital Portátil - ML-1010 – HANNA	Medida direta em campo
Fosfato Total	Ácido ascórbico	Standard Methods – 20ª th ed
Nitrato	Colorimétrico	Test Kit-Hatch
DBO	Respirométrico	Standard Methods – 20ª th ed
OD	Medidor de Oxigênio Dissolvido- DO-5519- LUTRON	Medida direta em campo
Condutividade	Condutivímetro portátil digital – 4 faixas	Medida direta em campo

De posse dos dados, foram realizadas as seguintes análises estatísticas: média aritmética e Análise Multivariada (ANOVA) usando o programa STATISTICA 6.0 (Statsoft, Inc.), com o objetivo de aproveitar melhor os dados e garantir que os resultados refletissem a realidade. Todos os resultados foram analisados com base na resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005.

A média aritmética é uma medida de tendência central expressa através de gráficos que indicam uma média anual para cada ponto e para a bacia, caracterizando-a de forma global e internamente na sazonalidade que, na região, é dividida em épocas chuvosa e seca. Para a análise global, usou-se o conjunto das 20 amostras e, para seu detalhamento sazonal e de depuração, apenas o conjunto dado de 10 amostras com coleta mensal.

Em seguida, os parâmetros analisados foram comparados, usando análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas, foi realizado

o teste de Tukey para verificar quais grupos de amostras eram diferentes entre si, visto que a ANOVA não aponta onde estão essas diferenças. Os grupos de amostras foram separados em cinco (05) categorias: nascentes (01), áreas de pouca interferência humana (02), recreação de contato primário (03), influência do esgoto (04) e foz (05). Estas categorias foram determinadas de acordo com a distribuição espacial dos dados e usos preponderantes na microbacia. Os parâmetros físico-químicos utilizados para esta análise foram: turbidez, temperatura, sólidos totais, pH, fosfato total, nitrato, DBO, OD e condutividade, considerando dados de coletas trimestrais em 20 pontos dispostos na microbacia.

5.3 Avaliação dos Parâmetros Físico-químicos da Qualidade da Água na MCB

Nesse item, são apresentados e discutidos os resultados dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água, para dados de coletas trimestrais e mensais, considerando respectivamente um conjunto de vinte (20) e dez (10) pontos de análise, distribuídos na microbacia (Figura 24). Ressalta-se, que as características físico-químicas da qualidade das águas naturais além de serem interdependentes, são também influenciadas por fatores ambientais intrínsecos tais como: geológico, climático, pedológico, hidrológico, além das alterações humanas que possam vir a ocorrer. A seguir, são apresentados os parâmetros físico-químicos analisados: temperatura da água, turbidez, sólidos totais, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), condutividade elétrica (CE), nitrato, fosfato e salinidade.

5.3.1. Temperatura da Água

A temperatura da água é diretamente influenciada pela temperatura atmosférica e pelo período do ano, o que refletiu no conjunto de dados analisados que apontam valores entre 18 e 31,5. A diferença entre os valores desse parâmetro nos pontos amostrados foi considerada significativa estatisticamente ($p < 0,05$), mas deve ser levado em consideração que o horário para coleta desse parâmetro variou nos 20 pontos de coleta.

Ao considerar esse parâmetro nos períodos entre seco e chuvoso, observa-se que as maiores temperaturas foram registradas no período chuvoso, com destaque para os pontos P14, P15, P16, P19 e P20. Se se considerar os vinte (20) pontos de coleta trimestral, as maiores temperaturas foram registradas nos pontos P08, P17, P18, P19, P20. Os pontos destacados estão à jusante da bacia, onde as altitudes são bem menores que à montante, visto que a MCB possui uma diferença altimétrica significativa. Os pontos 19 e 20 estão na foz quando suas águas se encontram com as dos rios Piabas e Paraguaçu, área de exposição ao sol mais ampla e geralmente coletadas próximas. (Figura 46)

Assim, na área de estudo, essa variação é explicada pela temperatura do ambiente, visto que é uma área dentro de Parque Nacional e não possui interferência de despejos de origem industrial e/ou descargas termelétricas, as quais poderiam estar influenciando o aumento de temperatura da água.

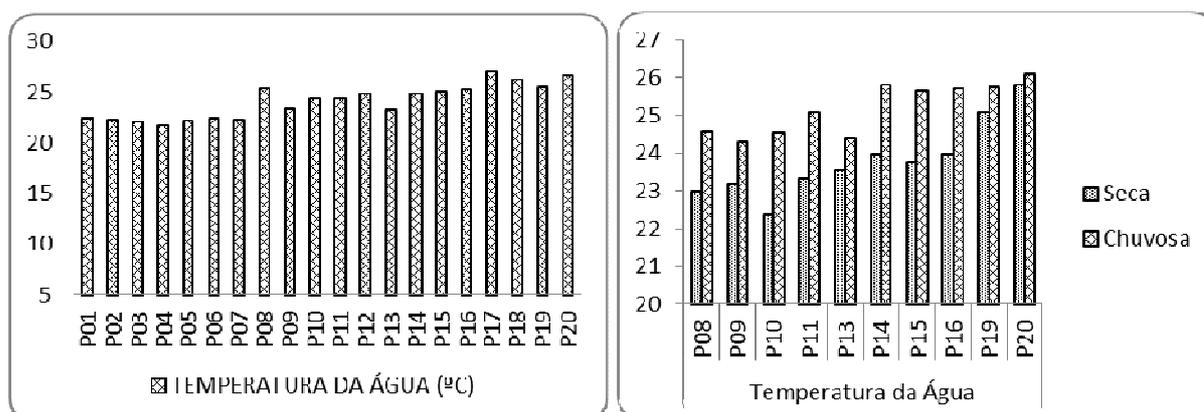


Figura 46: Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente.

5.3.2. Turbidez

No que concerne à turbidez, verifica-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os pontos amostrados das categorias áreas de recreação de contato primário (3) e foz (5). Analisando as médias de dez pontos da turbidez ao longo do ano, nota-se que os maiores valores de turbidez são encontrados nos pontos P13, P19 e P20, sendo maiores no período chuvoso para o P19 e P20 e igual no P13. E ao analisar vinte pontos de coleta, há destaque para P13, P18, P19 e P20. Ressalta-se que no P18, as coletas foram realizadas trimestralmente. (Figura 47)

Tendo em vista a Resolução CONAMA 357/2005, dos pontos que apresentaram maior turbidez, os valores são preocupantes no P18, visto que ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação que são de até 40 unidades para a classe 1 mas não ultrapassam os limites estabelecidos para a classe 2, que são de até 100UNT. Dessa forma, o P18 para este parâmetro, deve ser considerado de classe 2. Esse fato é explicado pela forte carga de sedimentos gerada por erosão, provavelmente de garimpo manual, ainda existente na área de estudos, conforme afirma morador local, que é carregada pelo Córrego Caba Saco e deságua no rio Coisa Boa (Figura 48).

De acordo com Branco (1978), a presença de partículas (silte, areias, etc.) em suspensão causando um aumento de turbidez na água, pode afetar a vida característica de um dado manancial, devido à sedimentação deste material em suspensão no fundo e ocasionar soterramentos constantes dos organismos pedônicos ou bentônicos e mesmo arrastar para o fundo, certos organismos que vivem em suspensão. A turbidez excessiva reduz a penetração da luz na água e consequentemente a fotossíntese dos organismos do fitoplâncton, algas e vegetação submersa.

O P19 e P20, que estão imediatamente após o P18, voltam a estar dentro dos limites permitidos para a classe 1 porém, com valores maiores que os demais pontos de coleta da microbacia. Essa redução da turbidez em pontos posteriores ao P18 se deve à maior profundidade da coluna d'água e largura do rio, o que permite a diluição dos resíduos de sólidos disponíveis.

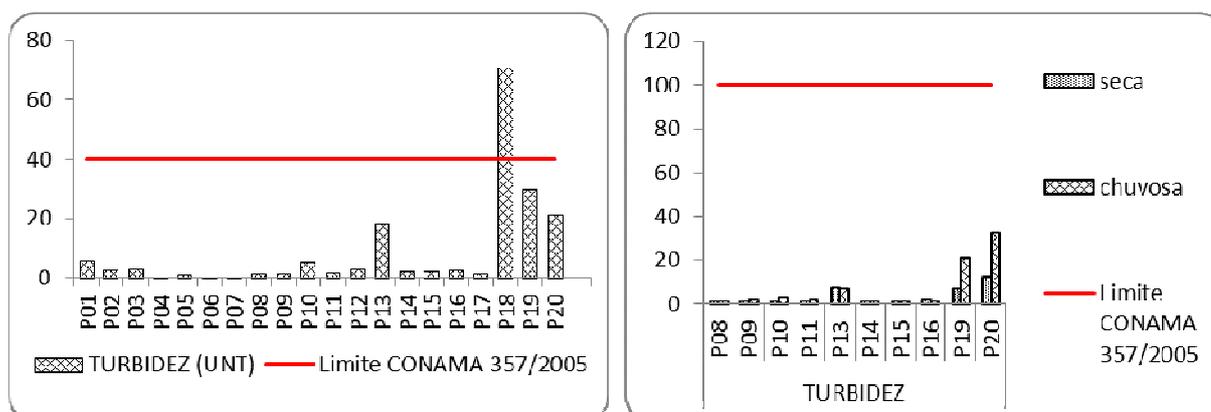


Figura 47: Valores médios do parâmetro turbidez analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.



Figura 48: Caba Saco

5.3.3 Sólidos Totais

Para sólidos totais, nota-se uma pequena variação dos valores médios dos vinte (20) pontos de coleta, com destaque para o P13, que apresenta média de 99mg/L. Esse fato é proveniente do lançamento de efluentes domésticos da vila de Igatu, que se configura em processos antrópicos. Além do P13, apresentaram respectivamente os maiores valores de turbidez o P07 (50,5 mg/L), P03 (45,5 mg/L) e P14 (44,0mg/L) (Figura 49). Os valores encontrados se apresentaram dentro dos padrões definidos pela legislação, para a classe 1 que é de 500 mg/L.

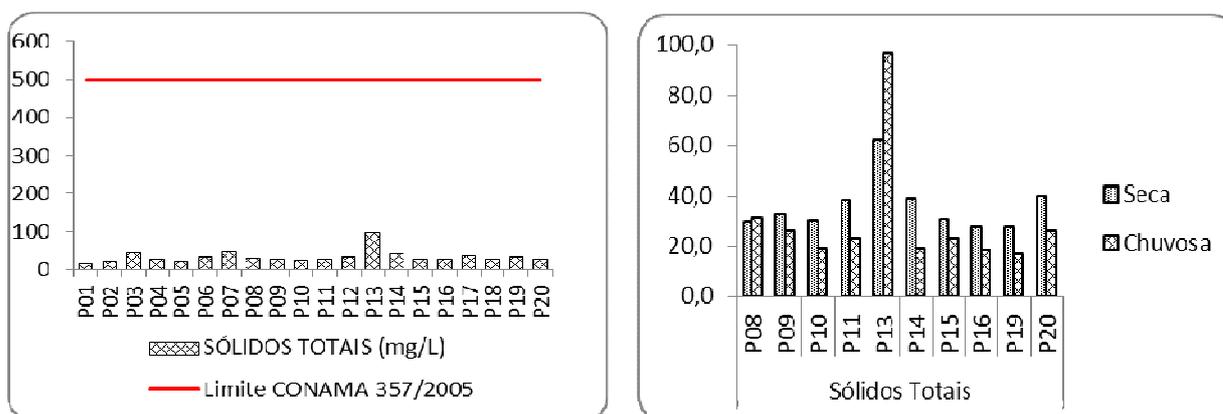


Figura 49: Valores médios do parâmetro sólidos totais analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.

5.3.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

No que tange ao pH, observa-se que dezoito (18) pontos de coleta apresentaram pH ácido, cujo menor valor médio encontrado foi de 4,45 no P17. Quanto aos maiores valores médios, foram encontrados 7,08 e 6,44 referentes ao P13 e P19, respectivamente. Verificou-se que a acidez presente ao longo da microbacia é um fenômeno natural que tem origem na decomposição de rochas em contato com a água, devido à presença de silicatos nas rochas areníticas. A MCB é, em quase sua totalidade, coberta por afloramentos rochosos e por neossolo litólico pouco espesso. No Brasil, de acordo com Esteves (1998), ecossistemas aquáticos com pH baixo são encontrados na região de terra firme da Amazônia central, litoral (especialmente na faixa de restingas) e em regiões de turfeiras, os quais tem como característica comum a cor escura da água (cor de café ou chá), na região de sedimentos da Formação Barreiras, com valores entre 4,0 e 5,5 (Figura 50). Tais valores de pH fornecem indícios de ausências de substâncias tamponadoras (bicarbonato e carbonato) em solução. As águas da microbacia em sua grande parte possuem a cor “coca-cola” como é conhecida na região (Figura 51).



Figura 50: Águas com coloração escura ou cor “coca-cola”

Quanto aos pontos de pH mais elevado, tem-se o P13 cuja neutralidade deve-se à descarga de efluentes domésticos das moradias da Vila de Igatu, visto que os esgotos orgânicos por serem compostos básicos, tendem a alterar o pH desse ponto de coleta. Em toda a MCB foi predominantemente pH ácido.

Conforme afirma Derisio (1992), os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, durante as coletas, não se observou

na MCB a presença de peixes e de acordo com a BRITISH COLUMBIA (1998), já se considera letal para a vida aquática o pH abaixo de 4,5 e acima de 9,5.

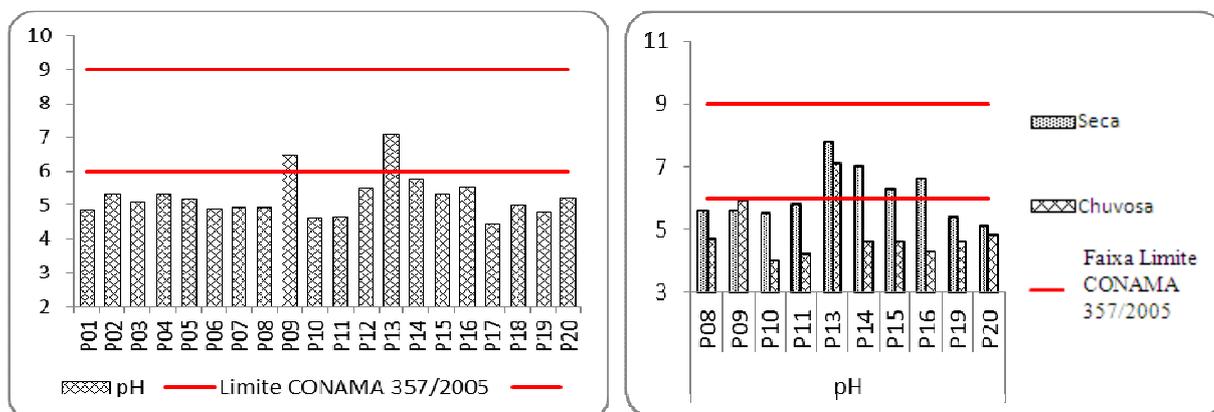


Figura 51: Valores médios do parâmetro pH analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.

5.3.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

Quanto ao OD, verifica-se que ao longo da microbacia os menores valores encontrados nas coletas trimestrais foram o P18 com 3,48 mg/L, P20 com 5,75mg/L e P09 com 5,88mg/L. No P18, como já foi mencionado anteriormente, um dos fatores que explica esse valor é a alta turbidez. O P09 é o local conhecido como Poço do Brejo, com águas aparentemente paradas, que tendem à menor quantidade de OD, devido à reação com matéria orgânica e a ausência da reaeração dificulta a reposição do oxigênio. Contribuem para a concentração de matéria orgânica a existência de plantas na água e a presença de animais e seus dejetos (Figura 52). As plantas ou a fitomassa das margens e submersas, contribuem para o consumo do OD e, conseqüentemente, aumento da DBO.

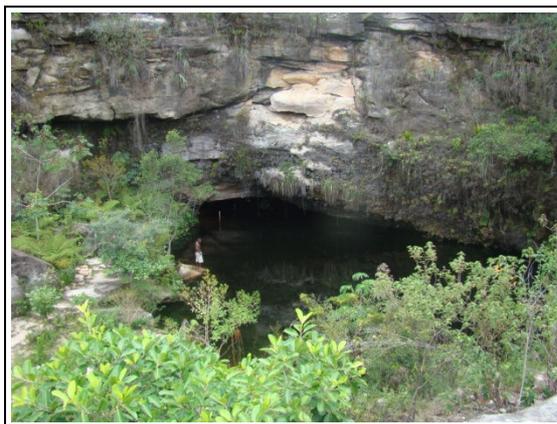


Figura 52: Poço do Brejo

Ao considerarmos a legislação para a classe 1, cujo valor mínimo permitido para OD é um valor não inferior à 6mg/L, o P18 representa preocupação devido ao valor muito abaixo do que é estabelecido. Quanto ao P09 e P20, os valores médios encontrados estão muito próximos ao valor mínimo da CONAMA, não representando tanta interferência para as reações e manutenção da vida aquática que está diretamente associada às concentrações de OD. (Figura 53).

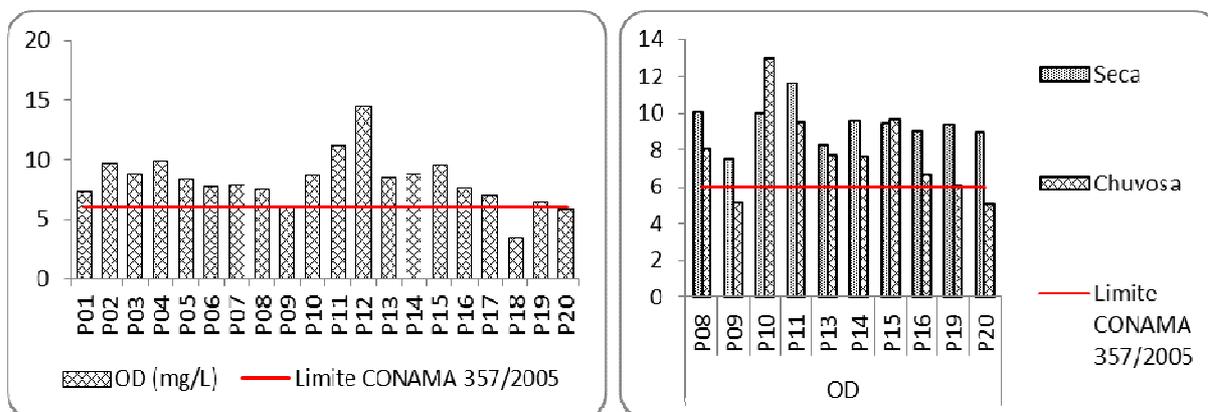


Figura 53: Valores médios do parâmetro OD analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.

5.3.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Em se tratando da DBO, os pontos que apresentaram os maiores valores médios foram P13, P14 e P07, sendo respectivamente: 10,25; 4,25 e 3,5mg/L, os quais estão acima dos valores permitidos pela legislação, na classe 1 que é de até 3mg/L. De acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005), as águas que

apresentam valores maiores que 10mg/L estão seriamente poluídas e o aumento da DBO é indicativo da alta concentração de matéria orgânica. Na área de estudo o P13 (10,25) é caracterizado por lançamento de efluentes domésticos e, em sua maioria, é constituído por carga predominantemente orgânica. O valor médio encontrado no P14 é reflexo do aumento da DBO no P13, contudo, se verificarmos o P15, observa-se que o valor volta a atender ao que é estabelecido pela legislação. (Figura 54).

Os valores médios da DBO nas treze coletas anuais, para os períodos seco e chuvoso, refletem melhor o comportamento dessa variável ao longo do ano. Assim, todos os valores médios para o período seco estão acima do permitido pela legislação, bem como os pontos P13, P14 e P19 no período chuvoso.

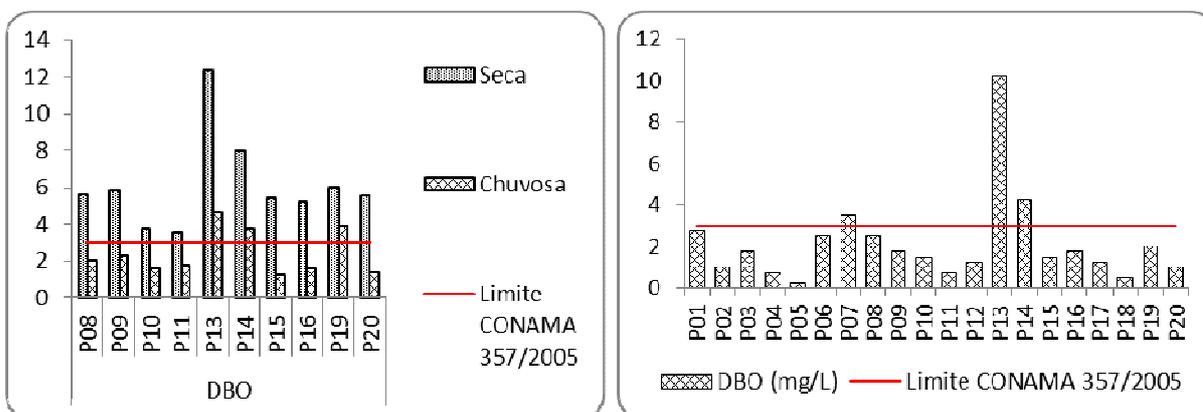


Figura 54: Valores médios do parâmetro DBO analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.

5.3.7 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica não é prevista pela Resolução CONAMA 357/2005 mas, segundo Conte e Leopoldo (2001), muitos autores têm adotado essa variável na avaliação dos corpos d'água, a qual oferece informações importantes a respeito dos ecossistemas aquáticos.

As maiores condutividades estão no período seco para todos os pontos. Verifica-se que o comportamento dos valores de condutividade, ou seja, da carga de íons em suas águas, nos vinte (20) pontos de coleta, no P13, apresenta

valores mais elevados. Esse ponto também foi destaque quando se analisou os períodos seco e chuvoso nos dez (10) pontos de coleta mensal. (Figura 55)

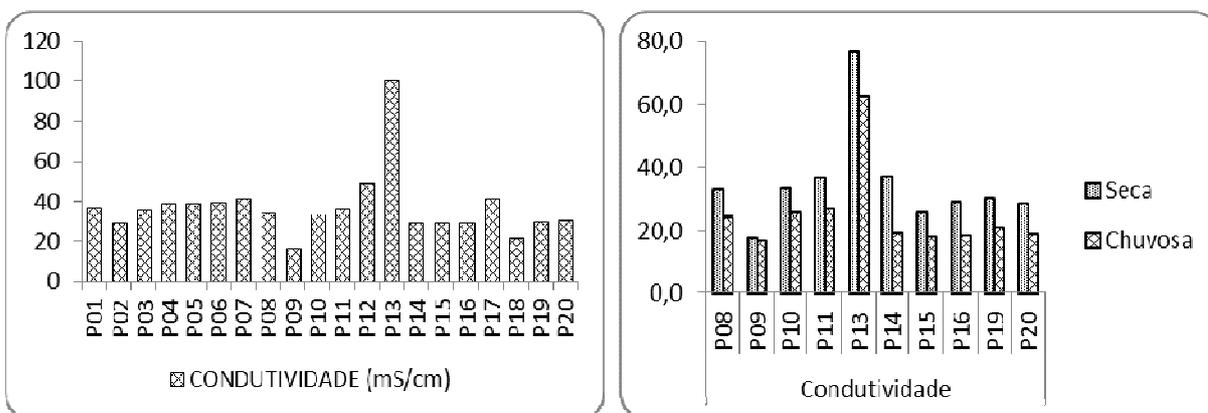


Figura 55: Valores médios do parâmetro condutividade analisado, considerando treze coletas anuais para 20 e 10 pontos de coleta, respectivamente, comparada com os limites da Resolução CONAMA 357/2005, classe 1.

5.3.8 Nitrato, Fosfato e Salinidade

Os parâmetros nitrato, fosfato e salinidade não foram analisados estatisticamente, devido aos valores para os dois primeiros parâmetros em todos os pontos ser zero, bem como o resultado uniforme da salinidade na MCB. O valor da salinidade encontrado permitiu classificar as águas da MCB como doce, visto que foram inferiores a 0,5‰, conforme é explicitado na legislação.

Para o nitrato, apenas o P13 apresentou valores quantificáveis, que foi de 6 mg/L no mês de julho de 2010. Esse resultado é explicado uma vez que o local de lançamento de efluentes contém muita matéria orgânica e sua decomposição em sistemas aquáticos gera formação de compostos nitrogenados.

No mês de julho de 2010 houve a presença de fosfato no ponto de lançamento de efluente (P13) e nos subsequentes (P14, P15, P16). Ressalta-se, que os pontos P12 (coleta trimestral) e P13 (coleta mensal) apresentaram valores acima de zero em todas as coletas.

A resolução CONAMA 357/2005 não prevê os parâmetros nitrato e fosfato e sim nitrogênio e fósforo totais, sendo estes últimos apontados como os principais responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água, uma das consequências do lançamento dos efluentes domésticos.

Provavelmente, no período de maior concentração turística na cidade, mês de junho/julho, haja maior concentração dos resíduos domésticos, conseqüentemente, excesso de nitrogênio e fósforo, o que dificulta a ação de degradação destes compostos, tornando disponível nas formas de nitrato e fosfato para o ambiente.

5.4 Considerações Finais

Este item apresenta as considerações obtidas nesse capítulo, o qual está dividido nas seguintes seções: quanto à qualidade da água na MCB e sugestões para enquadramento.

Para os parâmetros sólidos totais, pH, fosfato total, nitrato, DBO, OD e condutividade que não apresentaram diferenças significativas entre as categorias, salienta-se que, ao analisar os valores médios, considerando quatro coletas anuais para 20 pontos de coleta e períodos seco/chuvoso nos 10 pontos de coleta mensais, observou-se diferenças pontuais.

A partir dos resultados e das análises obtidas, o conjunto de variáveis que caracteriza qualitativamente as águas da MCB, pode-se concluir que estas águas apresentam um comportamento natural semelhante em todos os pontos amostrados e que servem para caracterizar as águas da microbacia em estudo. Os pontos que apresentaram alterações e que em algum momento não atendem à legislação, são aqueles que possuem interferência humana. Cabe salientar que a área de estudo foi palco da ação garimpeira de diamantes ao longo de 150 anos. Contudo, os parâmetros analisados não refletiram características dessa ação antrópica, permitindo inferir sobre as características naturais e atuais da região.

Cerca de 90% da microbacia está em área de proteção integral, o PNCD e com pouca interferência humana na atualidade. Dessa forma, o conhecimento da qualidade das suas águas, pode ser parâmetro para as demais áreas da Bacia do Paraguaçu, inseridas na Chapada Diamantina, desde que estejam sobre as mesmas características fisiográficas e os mesmos usos. Para a MCB, as discussões relativas aos aspectos legais foram baseadas na resolução CONAMA 357/2005, a partir da qual sugeriu-se o enquadramento da mesma na classe especial. Ressalta-se, que para a classe especial, a legislação não prevê limites

nos padrões, sendo afirmado no artigo 13 que as águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água. Dessa forma, para fins de comparação com os valores dos parâmetros do banco de dados, considerou-se os padrões estabelecidos para a classe 1.

De acordo com a supracitada legislação, a classe especial pode ter suas águas para os seguintes usos prioritários: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Contudo, encontram-se situações pontuais que fazem com que a classe para aquele segmento da MCB seja diferente daquele anteriormente sugerido para a área analisada (Quadro 08). Assim, infere-se que:

Quadro 08: Classificação dos parâmetros físico-químicos da MCB pela Resolução CONAMA nº 357/2005

PONTOS	UNIDADE	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10
TURBIDEZ	UNT	5,50	2,51	2,83	0,57	0,74	0,39	0,53	1,24	1,44	5,20
TEMPERATURA		22,40	22,25	22,03	21,70	22,13	22,43	22,30	25,33	23,30	24,35
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	17	22	45,5	28	21,5	35,5	50,5	31,5	28,5	26
pH		4,84	5,30	5,07	5,31	5,18	4,88	4,93	4,92	6,44	4,62
FOSFATO		0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0
NITRATO		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DBO	mg/L	2,75	1	1,75	0,75	0,25	2,5	3,5	2,5	1,75	1,5
OD	mg/L	7,33	9,70	8,87	9,88	8,38	7,78	7,88	7,53	5,88	8,73
CONDUTIVIDADE	mS/cm	36,88	28,98	35,40	39,10	38,63	39,33	41,63	34,24	15,93	33,40

PONTOS	UNIDADE	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
TURBIDEZ	UNT	1,76	3,02	18,25	1,99	2,05	2,55	1,43	70,63	29,55	20,91
TEMPERATURA		24,33	24,80	23,18	24,78	25,05	25,25	27,05	26,23	25,50	26,68
SÓLIDOS TOTAIS	mg/L	30	34	99	44	27,5	28,5	36,5	29,5	36	27,5
pH		4,63	5,50	7,08	5,74	5,30	5,54	4,45	4,98	4,79	5,21
FOSFATO		0	3,8	13,925	0,875	0,65	0,375	0	0	0	0,375
NITRATO		0	0	1,5	0	0	0	0	2,5	0	0
DBO	mg/L	0,75	1,25	10,25	4,25	1,5	1,75	1,25	0,5	2	1
OD	mg/L	11,23	14,45	8,45	8,80	9,60	7,68	7,03	3,48	6,50	5,75
CONDUTIVIDADE	mS/cm	36,50	48,70	100,08	28,60	28,58	28,88	41,30	21,17	29,40	30,00

Classe 1
 Classe 2
 Classe 3
 Não menciona
 Particularidade da MCB

- Os pontos P1 a P6, P8, P10, P11, P12, P15, P16, P17 e P19, são classificados como classe especial ou classe 1, podendo ter suas águas para usos, além dos citados anteriormente para a classe especial, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. Deve-se, portanto, ter atenção para os pontos que têm a interferência urbana, nesse caso, a partir do P15, principalmente no período seco, em que o volume de água é menor e está a jusante da saída de esgoto da Vila.

- Os pontos P7, P9, P14, P18 e P20 são considerados de classe 2, podendo ter suas águas os seguintes usos: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 357 de 2005; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e a atividade de pesca.

- O ponto P13 é classificado como classe 3, sendo este um local de lançamento de efluentes domésticos da Vila de Igatu, a qual está situada no entorno do PNCD. Esta ação resulta em conflito com O PNCD e com o enquadramento sugerido para esta unidade de estudo, visto que o Artigo. 32 da legislação em análise afirma que: "Para classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados". (Brasil, 2005).

VI. MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA

Nesse capítulo, serão apresentados e discutidos resultados da modelagem espacial e temporal da qualidade da água, a partir do índice de qualidade de Báscaran (IQA_{Ba}), modelados em gráficos e em superfície contínua, utilizando-se para este último, o inverso do quadrado da distância. Embasam estas análises, a discussão sobre modelagem e índices de qualidade da água.

6.1 Modelagem e índices de qualidade da água

De forma geral, pode-se dizer que a qualidade da água é resultante das condições naturais e do uso e ocupação do solo numa determinada bacia hidrográfica. Uma forma de se monitorar a qualidade das águas é através de índices, denominados de índices de qualidade da água (IQA), cujo resultado é adimensional e é obtido da agregação de dados físicos, químicos e/ou bacteriológicos, por meio de metodologias específicas. De acordo com Marino (2003), um índice de classificação facilita a interpretação das informações sobre qualidade de água de forma abrangente e útil, quer seja para especialistas ou leigos.

Conforme Von Sperling (2007), há vários índices de qualidade da água em utilização, sendo vários deles baseados no IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos. Nesta pesquisa, destaca-se o Índice de Qualidade da água de Bascarán (IQA_{Ba}), que diferente de outros índices, é bastante flexível pois permite a introdução ou exclusão de variáveis de acordo com as necessidades ou limitações para obtenção de dados, sendo possível definir um índice básico com um número reduzido de variáveis e outro completo, com maior número de variáveis (Rizzi, 2001). Contudo, Coradi et al (2009), ressalta que todos os índices apresentam um grau de subjetividade pois seus resultados dependerão da escolha das variáveis que constituirão os indicadores das alterações da qualidade das águas em determinada situação.

6.2 Procedimentos Metodológicos

Para a modelagem da qualidade da água, utilizar-se-á o IQA_{Ba} e, em seguida, serão realizadas as análises espacial e temporal dos dados. Neste

cálculo foram utilizadas as variáveis físico-químicas monitoradas sendo que aquelas foram durante toda campanha amostral, apresentadas no capítulo 5 e não foi utilizada a contaminação bacteriológica frente à necessidade de repetir os dados do primeiro ano de coleta, o que se encerrará junto com esta discussão. Os procedimentos metodológicos utilizados são: organização da base de dados, índice da qualidade da água de Bascarán (IQA_{Ba}) e análises espacial e temporal dos dados, os quais estão descritos a seguir.

6.2.1 Organização da base de dados

Em ambiente SIG, foram espacializados ponto a ponto, mês a mês, os resultados da qualidade da água, com o intuito de calcular o IQA_{Ba} e, em seguida, explorar espacialmente o dado objeto de análise, bem como identificar padrões de agrupamento.

6.2.2 Índice da Qualidade da Água de Bascarán

Os parâmetros físico-químicos utilizados para a aplicação do IQA_{Ba} são aqueles apontados pela Análise de Componentes Principais (ACP), como os que mais explicam a qualidade das águas da MCB: turbidez, sólidos totais, pH, fosfato, nitrato, DBO e condutividade. A não utilização do OD deve-se ao fato da inexistência da medida desse parâmetro em alguns pontos. A partir dos resultados obtidos ao longo da campanha amostral, fez-se os cálculos do Índice de Qualidade da Água de Bascarán (IQA_{Ba}) (Bascarán, 1979 apud Rizzi, 2001), considerando os resultados mensais em cada ponto amostral. O IQA_{Ba} foi calculado através da seguinte equação:

$$IQA_B = K \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}$$

Onde:

C_i= valor percentual correspondente ao parâmetro, definido no quadro extraído de Rizzi (2001);

P_i= peso do parâmetro, definido no quadro extraído de Rizzi (2001);

K = constante de ajuste em função do aspecto visual das águas, representando a impressão subjetiva de qualidade da água: $K= 1,00$ (Para águas sem aparente contaminação); $K= 0,75$ (Para águas com ligeira cor, espuma, ligeira turbidez aparente não natural); $K= 0,50$ (Para águas com aparência de estarem contaminadas e com forte odor); $K=0,25$ (Para águas negras que apresentam fermentação e fortes odores) (adaptado de RIZZI, 2001).

Os valores de C_i e P_i são apresentados no quadro 09 (Rizzi, 2001). O valor atribuído ao peso no supracitado quadro é fixo por parâmetro e está localizado na parte superior do quadro na cor cinza. Quanto ao valor percentual, verificam-se os valores encontrados nas medições em campo e relaciona-se ao valor mais próximo apresentado no quadro e, na linha correspondente na lateral direita, encontra-se o valor.

Salienta-se que o quadro supracitado por ser metodológico, apresenta outros parâmetros de qualidade da água que não foram utilizados nesta pesquisa, ressaltando-se ainda que o IQA_{Ba} é flexível quanto aos parâmetros de entrada.

Quanto ao valor de K , como o banco de dados não continha os dados referentes ao parâmetro cor, o valor atribuído a essa variável foi realizado a partir da análise dos parâmetros apresentados no capítulo anterior e das informações de moradores locais sobre a cor da água, já que parâmetro cor é subjetivo.

O valor do IQA_{Ba} varia de 0 a 100 e corresponde a uma escala qualitativa de caracterização, separada em faixas que representam os aspectos: boa, aceitável, regular, ruim e péssima. Para estas faixas, associou-se cores que facilitam a interpretação visual. (Tabela 10).

Quadro 09: Valores percentuais e pesos atribuídos aos parâmetros de qualidade de água para cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA_{Ba}), de acordo com o Método Bascarán (1979).

Parâmetro	pH	Condutividade (µmhos/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Redução Permanganato (mg/l)	Coliformes Totais (nº/100 ml)	Nitrogênio Amoniacal (ppm)	Cloretos (ppm)	Temperatura (°C)	Detergentes (mg/l)	Cor (hansen)	Turbidez (NTU)	CO ₂ Livre (mg/l)	Aspecto Aparente (qualidade)	Valor Percentual Vp (%)
Peso	1	4	4	3	3	3	1	1	4	2	4	3		
Valor Analítico Do Parâmetro	1	>16.000	0	>15	>14.000	>1,25	>1.500	>50 / > -8	>3,00	>250	>400	>60	Péssimo	0
	2	12.000	1	12	10.000	1,00	1.000	45 / -6	2,00	100	250	50	Muito Ruim	10
	3	8.000	2	10	7.000	0,75	700	40 / -4	1,50	60	180	40	Ruim	20
	4	5.000	3	8	5.000	0,50	500	36 / -2	1,00	40	100	30	Desagradável	30
	5	3.000	3,5	6	4.000	0,40	300	32 / 0	0,75	30	50	20	Impróprio	40
	6	2.500	4	5	3.000	0,30	200	30 / 5	0,50	20	20	10	Normal	50
	6,5	2.000	5	4	2.000	0,20	150	28 / 10	0,25	15	18	9	Aceitável	60
	9	1.500	6	3	1.500	0,10	100	26 / 12	0,10	10	15	8	Agradável	70
	8,5	1.250	6,5	2	1.000	0,05	50	24 / 14	0,06	5	10	7	Bom	80
8	1.000	7	1	500	0,03	25	22 / 15	0,02	4	8	5	Muito Bom	90	
7	<750	7,5	<0,5	<50	0	0	21 / 16	0	<3	<5	<3	Excelente	100	
Parâmetro	Dureza ou Alcalinidade mg/l CaCO₃	Sólidos Dissolvidos (mg/l)	Praguicidas (ppm)	Graxas e azeites (ppm)	Sulfatos (ppm)	Nitratos (ppm)	Cianetos (ppm)	Sódio (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnésio (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	DBO₅ (mg/l)	Valor Percentual
Peso	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	%
Valor Analítico Do Parâmetro	>1.500	>20.000	>2	>3	>1.500	>100	>1	>500	>1.000	>500	>500	>1	>15	0
	1.000	10.000	1	2	1.000	50	0,6	300	600	300	300	0,50	12	10
	800	5.000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	250	200	0,25	10	20
	600	3.000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	200	100	0,20	8	30
	500	2.000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	150	50	0,15	6	40
	400	1.500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	100	30	0,10	5	50
	300	1.000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	75	20	0,05	4	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	50	10	0,025	3	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	25	5	0,010	2	80
50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	15	1	0,005	1	90	
<25	<100	0	0	0	0	0	<10	<10	<10	0	0	<0,5	100	

Extraído de Rizzi (2001).

Tabela 10: Correspondência do resultado qualitativo de acordo com o resultado numérico de cálculo do Índice de qualidade da Água (IQA_{Ba})

Resultado quantitativo do índice	Resultado qualitativo correspondente	Cor correspondente
$91 \leq \text{índice} \leq 100$	Boa	Verde
$61 \leq \text{índice} < 91$	Aceitável	Amarelo
$31 \leq \text{índice} < 61$	Regular	Laranja
$16 \leq \text{índice} < 31$	Ruim	Vermelho
$0 \leq \text{índice} < 16$	Péssima	Preto

6.2.3 Análises espacial e temporal dos dados

Para análise espacial dos dados, foram aplicados os métodos do inverso do quadrado da distância a partir dos valores resultantes do IQA_{Ba} e gráficos de linha. O primeiro foi aplicado para os meses de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011, quando houve coleta de vinte pontos de análise e, portanto, maior representatividade da mesma, contemplando pontos, a montante e a jusante da MCB e a segunda, para todos os demais meses de coleta. Utilizou-se, também, nesse segundo método, os valores do IQA_{Ba} mês a mês, ponto a ponto, os quais foram apresentados de forma que pudesse ser feita uma análise temporal.

Conforme afirma Camargo et al (2004), os dados estão disponíveis na forma de amostras pontuais e, para utilizá-los efetivamente em um ambiente de Geoprocessamento, necessitamos de um procedimento de interpolação para gerar uma representação na forma de grade regular.

O inverso do quadrado da distância é definido como modelo determinístico de efeito local, para geração de superfície contínua da qualidade da água na MCB. Este método foi o que apresentou melhores resultados em relação à fidelidade aos dados originais tendo, posteriormente, a superfície gerada estendida para toda área da MCB. Também foi testada a krigagem, mas não apresentou bons resultados.

6.3 Análise Espacial do Índice de Qualidade da Água na MCB

A análise realizada se refere a uma avaliação qualitativa do comportamento espacial do IQA_{Ba} na MCB os quais são apresentados em superfície contínua e

em métodos gráficos. Os resultados quantitativos do IQA_{Ba} estão associados às suas respectivas categorias qualitativas: boa, aceitável, regular, ruim e péssima.

6.3.1 Análise espacial - Superfície contínua

A análise dos resultados permite observar, através da gradação das cores, quais locais da MCB apresentam melhor qualidade da água, bem como os trechos mais críticos, nos meses de abril, julho, outubro de 2010 e fevereiro de 2011. (Figura 56)

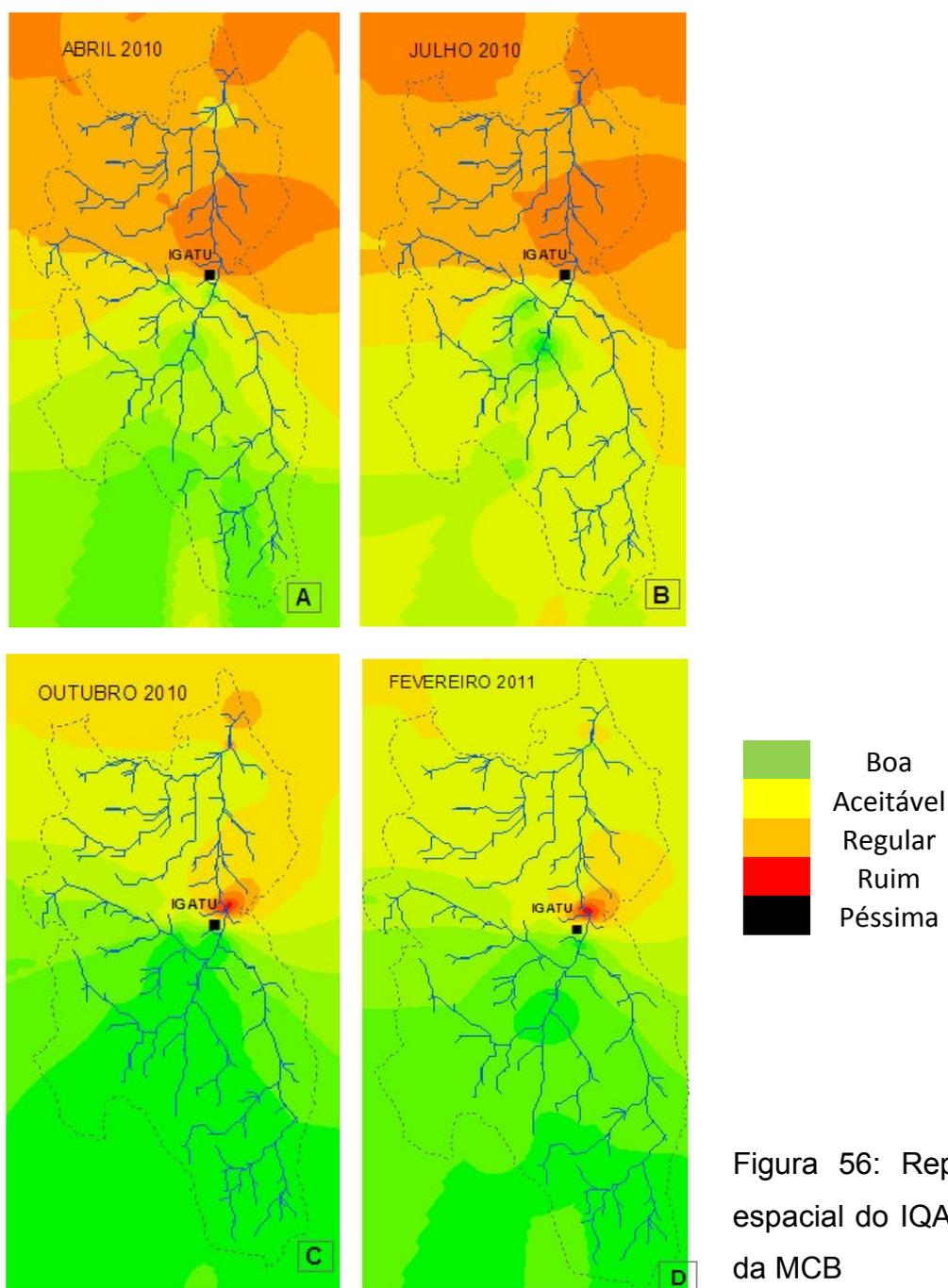


Figura 56: Representação espacial do IQA_{Ba} ao longo da MCB

Nota-se que os pontos mais críticos de qualidade das águas estão situados na área de influência da Vila de Igatu até o exutório do Rio Cousa Boa. Observa-se que as figuras 56A e 56B representam os meses de menor qualidade na MCB, considerados como período seco (abril e julho de 2010) e conseqüentemente menor volume de água no leito do rio.

No mês de abril de 2010, o IQA_{Ba} variou de 37,6 no P13 a 96,5 no P02 e os menores valores encontrados foram classificados qualitativamente como regular. Já no mês de julho de 2010, o IQA_{Ba} variou de 29,1 no P13 a 97,6 no P04 e P05. Os pontos mais críticos estão classificados qualitativamente como ruim e regular.

Nas figuras 56C e 56D, a qualidade da água teve seu resultado crítico num raio menor de abrangência, visto que a disponibilidade de água da MCB era maior que nos meses anteriores, favorecendo a diluição dos efluentes domésticos.

No mês de outubro de 2010, o IQA_{Ba} variou de 43,2 no P13 a 97,1 no P05. Considerando todos os pontos de análise da MCB, observou-se que os pontos mais críticos se referem ao P13 e P14, estando classificados qualitativamente como regular.

Quanto aos meses de outubro de 2010 e janeiro de 2011, houve aumento dos valores do IQA_{Ba} , principalmente na área de influência da Vila. O fato desses meses estarem inseridos no período chuvoso, favorece a diluição da concentração de poluentes e do aporte de material orgânico, provenientes do lançamento de efluentes domésticos.

Ressalta-se que estatisticamente, a superfície contínua teoricamente não poderia ser utilizada, já que os dados não têm auto-correlação espacial e estão localizados somente ao longo de um rio. Como estes resultados representaram visualmente os valores de IQA_{Ba} encontrados e a MCB não apresenta diferenciações de características ambientais ou de uso do solo, sendo bastante homogênea, optou-se por apresentá-los, inclusive para a comunidade de Igatu, como mapas qualitativos.

6.3.2 Análise espacial - método gráfico

A análise espacial expressa em métodos gráficos ressaltou os resultados do índice de qualidade da água no entorno da Vila de Igatu, cujos resultados levou em consideração uma sequência de treze (13) meses – fevereiro de 2010 a

fevereiro de 2011(Figura 57). De forma geral, os resultados do IQA_{Ba} apresentaram as mesmas tendências, cujos valores variaram de 29,1 no P13 a 98,2 no P08.

Observou-se que os pontos mais críticos se referem ao P13 e P14, estando classificados qualitativamente de acordo com o IQA_{Ba} como regular para todos os meses analisados, com exceção do mês de julho de 2010 que apresentou resultado ruim. Neste último, o decréscimo na qualidade da água de um mês inserido no período seco, coincide com o momento em que a Vila de Igatu recebe turistas para o período junino e estende-se nas férias do meio do ano do Centro-Sul do país.

Verificou-se que em todos os meses, os pontos com menor qualidade eram o P13 e, em seguida, o P14, que refletem a entrada de efluentes domésticos provenientes da Vila de Igatu. O P13 está na saída dos efluentes, o P14 a **Xm** de distância ainda apresenta efeitos destes lançamentos com pouca variação, exceto em julho, reflexo de certa falta de fluxo mas no P15 a qualidade da água já apresenta melhor qualidade. Assim, constata-se que o tempo de residência dos efluentes é baixa e indica rápida recuperação da qualidade dessas águas, apontando para uma boa capacidade de autodepuração do rio.

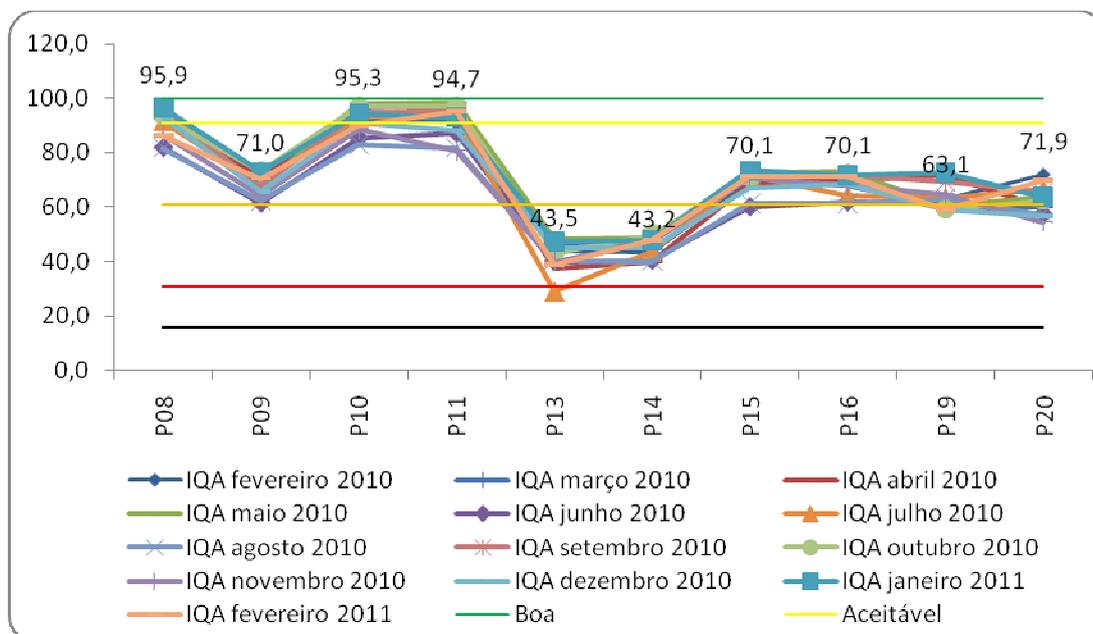


Figura 57: Valores do IQA_{Ba} obtidos na área de influência da Vila de Igatu, na MCB.

Assim, verifica-se que a análise espacial do IQA_{Ba} possibilitou a verificação do comportamento dos parâmetros ao longo da MCB, podendo-se identificar os trechos mais críticos, bem como a evolução da qualidade da água, à medida em que o rio recebia lançamento de efluentes da Vila de Igatu. De forma geral, a análise espacial, segundo Bailey e Gatrell (1995), pode ser definida como o estudo quantitativo de fenômenos que estão localizados no espaço.

6.4 Análise Temporal do Índice de Qualidade da Água na MCB

Na análise temporal da qualidade da água, os dados utilizados verificam seu comportamento ao longo do tempo e entre períodos sazonais.

No ponto 08, conhecido como Cadeirinha dos Pombos (Figura 33, cap. 5), é um local de recreação de contato primário e de constante visita da comunidade local e turistas. Ao longo dos meses de coleta, apresentou boa qualidade da água, com ressalva para os meses de junho (81,8), agosto (81,8) e novembro (87,1) de 2010 e fevereiro de 2011, cuja qualidade da água foi considerada como aceitável. (Figura 58)

Os meses de junho e agosto de 2010 são considerados meses secos, quando o volume de água é menor. Novembro e janeiro já são considerados chuvosos. Ressalta-se, que em junho, a quantidade de pessoas na Vila é maior, devido ao período junino, bem como final de novembro até fevereiro, devido as férias de final de ano. Mesmo nos meses em que se percebeu a redução da qualidade da água, não inviabiliza o seu uso para recreação de contato primário.

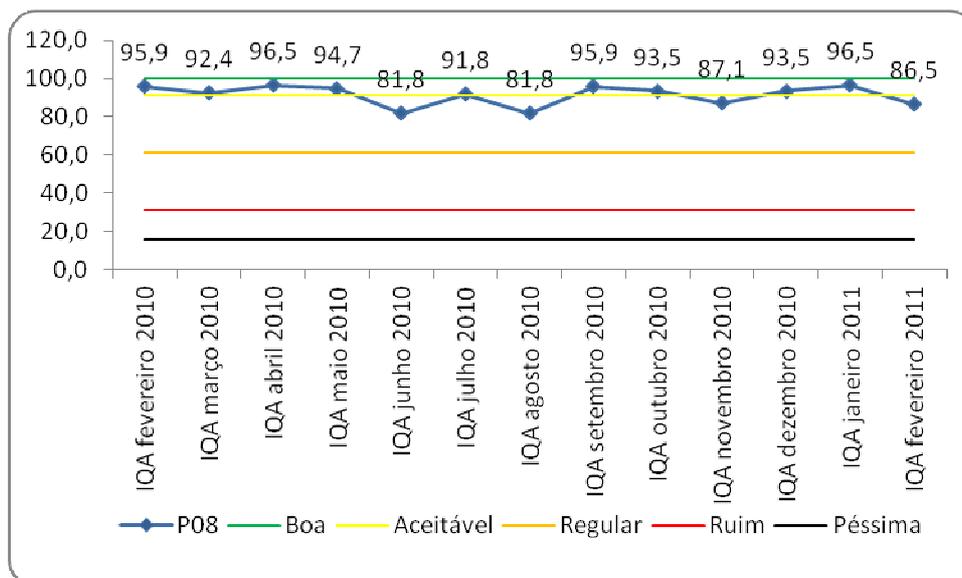


Figura 58: IQA_{Ba} no P08, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011.

No ponto 09, conhecido como Poço do Brejo (Figura 34, cap. 5), todos os resultados estiveram dentro da categoria do aceitável, tendo o mês de junho apresentado o valor mais baixo de qualidade (61,3). O poço do Brejo possui águas aparentemente paradas e, por ser um período seco, favorece a queda de qualidade, conforme explicitado no capítulo 5. (Figura 59)

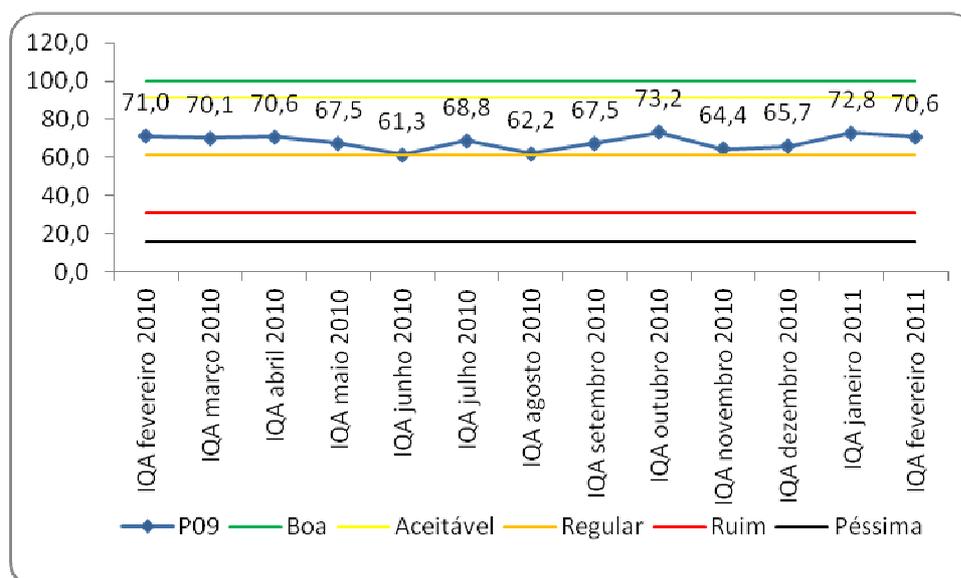


Figura 59: IQA_{Ba} no P09, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011.

O ponto 10, localizado na Madalena de Cima (Figura 35, cap. 5), teve seus valores qualitativos entre aceitável e bom. Os meses de menor qualidade foram

junho (85,3) e agosto (82,9), ambos situados no período seco, contudo numa faixa qualitativa que não inviabiliza seus usos, como recreação de contato primário. (Figura 60)

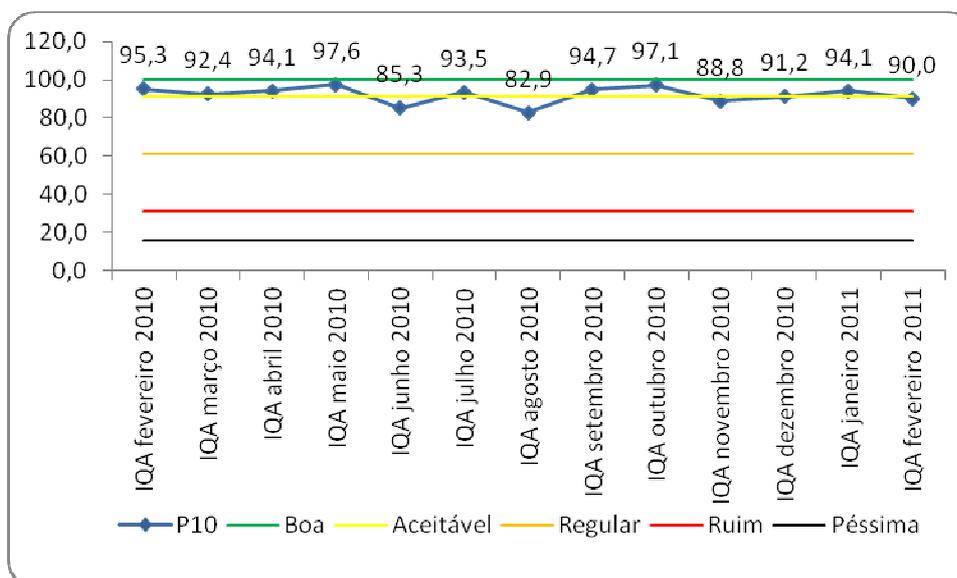


Figura 60: IQA_{Ba} no P10, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

O ponto 11, também localizado na Madalena de Cima (Figura 36, cap. 5), é um local de recreação de contato primário apresenta os resultados qualitativos, ao longo do período de coleta, variando entre aceitável a bom. Os meses de menor qualidade foram junho (87,1) e novembro (80,8). (Figura 61)

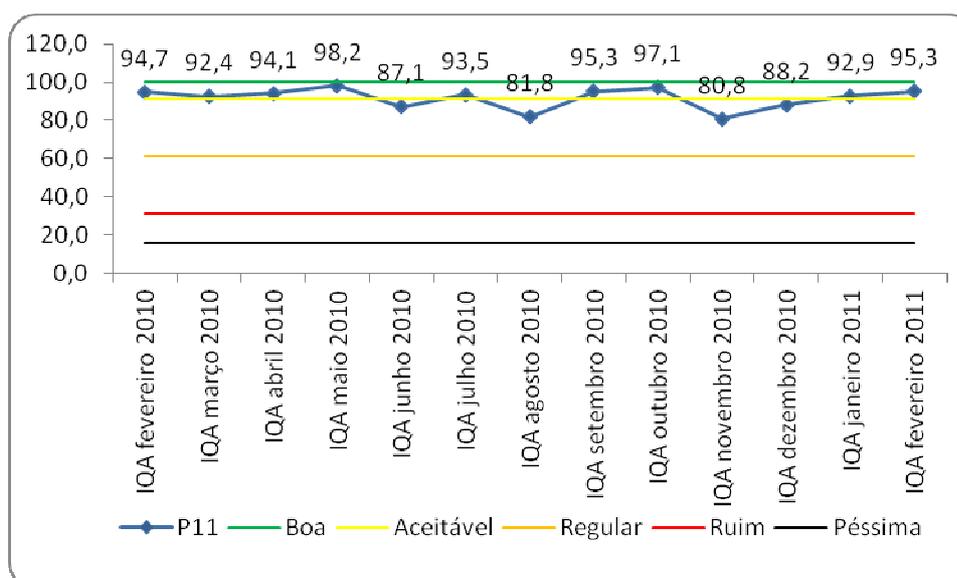


Figura 61: IQA_{Ba} no P11, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

O ponto 13, caracterizado pela saída de esgoto da Vila de Igatu (Figura 38, cap. 5), apresenta resultados entre as categorias regular, com destaque para os meses que apresentaram menores valores: abril (37,6), junho (40,0), agosto (40,3) e fevereiro de 2011 (38,8) e ruim, tendo julho se configurado como mês crítico (29,1), que além de ser um período seco, coincide com o mês final de férias do Centro-Sul do país. (Figura 62)

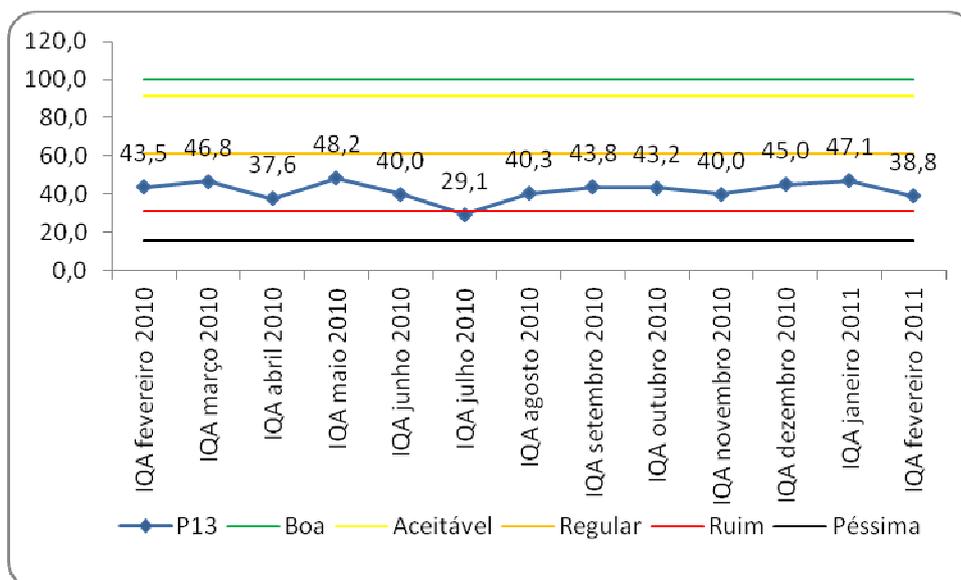


Figura 62: IQA_{Ba} no P13, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

O ponto 14, localizado após a saída de esgoto da Vila de Igatu (Figura 39, cap. 5), busca perceber a capacidade de autodepuração do rio que está localizado a 230 metros após a saída de esgoto da Vila, influenciando na qualidade da água, que para este ponto foi categorizada como regular ao longo do período de coleta. Os meses mais críticos foram abril (40,0), junho (40,3) e agosto (40,0). (Figura 63)

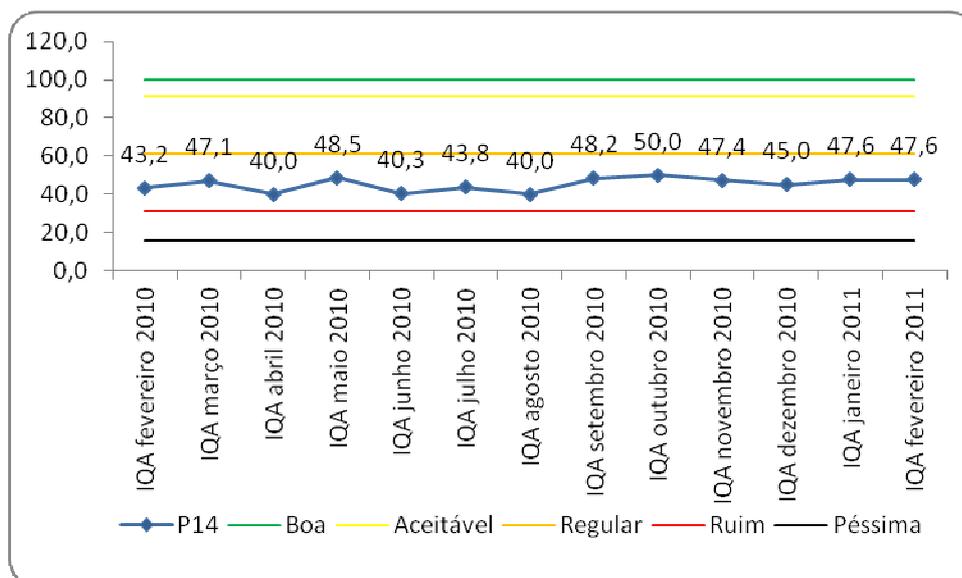


Figura 63: IQA_{Ba} no P14, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011.

O ponto 15, situado próximo à antiga usina de energia elétrica no Rio Cousa Boa (Figura 40, cap. 5), a 145 metros do ponto anterior e 375 metros da saída de esgoto, apresentou como pontos críticos os meses: junho, categorizado como regular (60,0) e agosto, categorizado como aceitável (61,3). Portanto, praticamente depurado, considerando-se os valores obtidos para o ponto 13. (Figura 64)

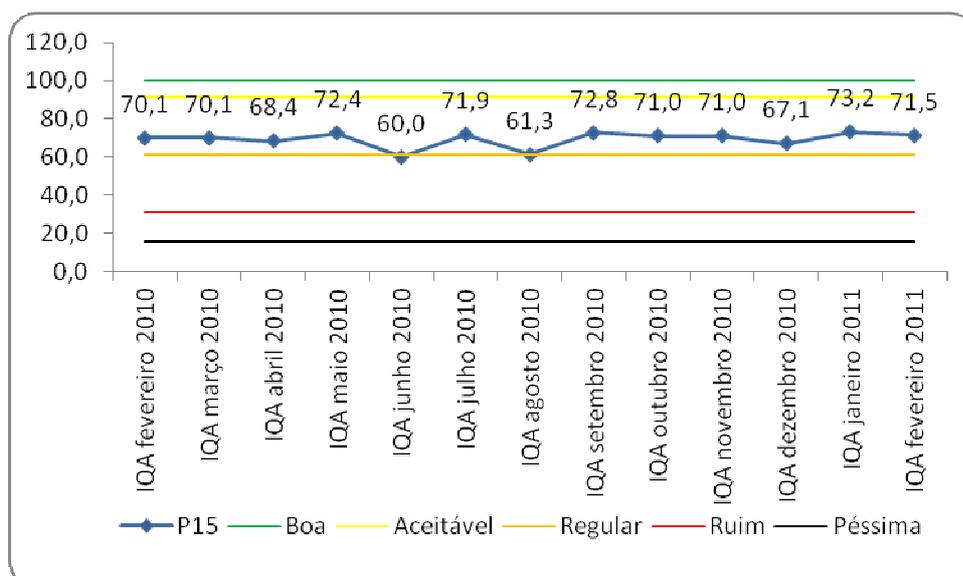


Figura 64: IQA_{Ba} no P15, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

O ponto 16, conhecido como saída das ruínas (Figura 41, cap. 5), foi ao longo do período de coleta categorizado como aceitável, teve como meses mais

críticos junho (61,8), julho (64,4) e agosto (61,3), todos referentes à estação seca. (Figura 65)

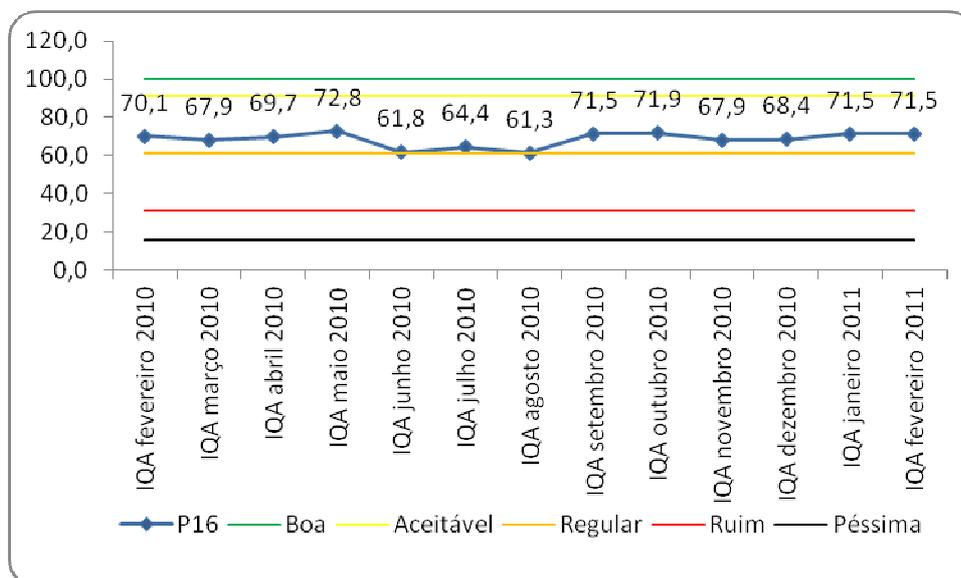


Figura 65: IQA_{Ba} no P16, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

O ponto 19, local de encontro de vários rios e riachos com o Cousa Boa (Figura 44, cap. 5), teve seus resultados ao longo do período de análise entre regular e aceitável, tendo seus meses com menor qualidade em outubro e dezembro de 2010 e fevereiro de 2011, todos com quantitativo de 59,1. (Figura 66)

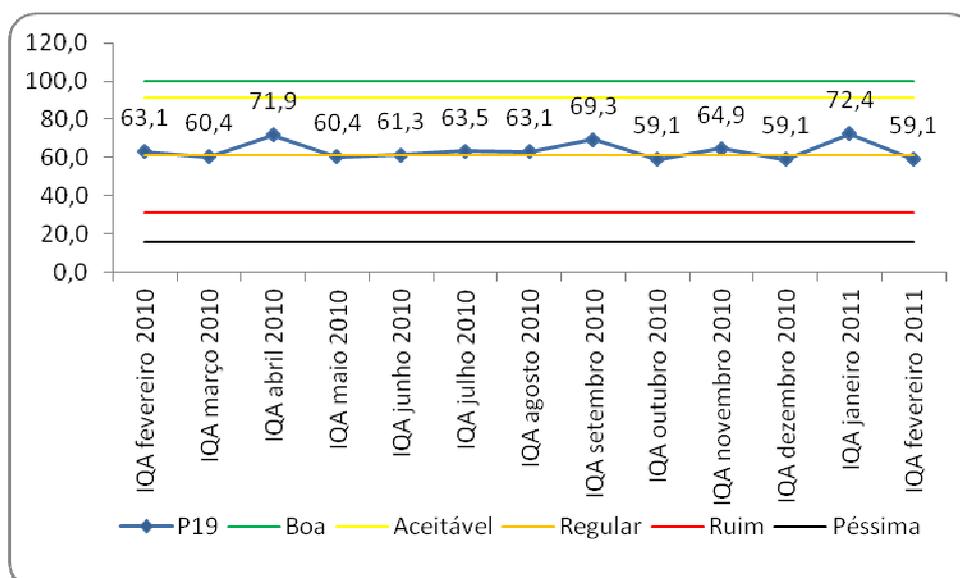


Figura 66: IQA_{Ba} no P19, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

E, finalmente no ponto 20 (Figura 45, cap. 5), que é a foz do Rio Cousa Boa, cujos resultados foram categorizados entre regular e aceitável. O menor valor de IQA_{Ba} foi encontrado no mês de novembro com 54,7, mas encontram-se na categoria regular os meses de março (60,0), abril (60,0), junho (57,4), agosto (57,4), novembro (54,7) e dezembro (56,9). (Figura 67)

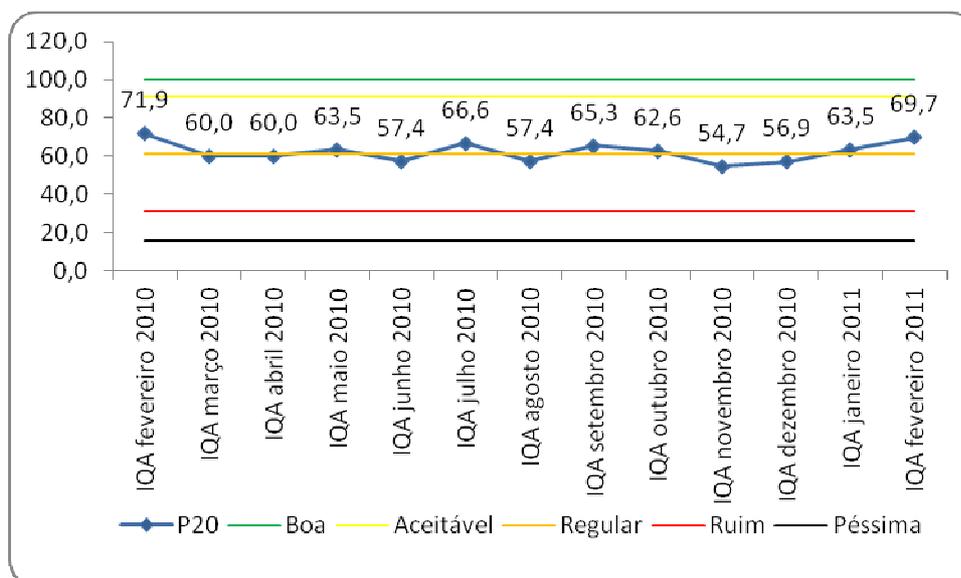


Figura 67: IQA_{Ba} no P20, entre fevereiro de 2010 e fevereiro de 2011

Salienta-se que os pontos de coleta P01 a P07, P12, P17 e P18 não foram apresentados e discutidos na análise temporal por terem suas coletas trimestrais.

A análise temporal permitiu verificar que os meses mais críticos para a maioria dos pontos de análise são junho e agosto, inseridos na faixa de meses caracterizada como período seco. Os pontos que se mostraram críticos foram P13 e P14, que correspondem aos resultados da entrada de lançamento de efluentes e P19 e P20, próximos ao exutório do Rio Cousa Boa.

6.5 Considerações Finais

A análise da qualidade da água da MCB foi realizada em vinte pontos de coleta, contemplando áreas de nascentes, com pouca interferência humana, de recreação de contato primário, lançamento de efluentes e áreas próximas à foz. Observa-se, que a qualidade da água na MCB decresce de montante para jusante, à medida que se tem a entrada dos efluentes provenientes das ações

antrópicas geradas pela Vila de Igatu. À montante da MCB, tem-se uma área com nascentes, com pouca interferência humana e com boa qualidade da água, mesmo em período seco, refletindo as características naturais da água da área de estudo.

A partir dos resultados da análise temporal, verificou-se que quando há lançamento de efluentes (a partir do ponto 13) em direção a jusante, a qualidade da água é reduzida e passa a faixa entre regular e aceitável. Mesmo com a mistura de lançamento de efluentes, o ponto 15 já obedece aos limites estipulados pela legislação, indicando que este corpo hídrico conseguiu assimilar a carga de poluentes, a partir de mecanismos naturais. Em períodos chuvosos, a velocidade das águas favorece ao menor tempo de permanência das partículas e no transporte das substâncias à jusante do lançamento. Outro mecanismo significativo é a morfologia do leito do rio, que em períodos secos, as partículas podem estar ficando depositadas nos grupos de marmitas e fissuras das rochas, as quais estão numa área com pouca declividade, período em que recomenda-se evitar a recreação de contato primário abaixo da Vila. (Figura 19, capítulo 4 e figura 38, capítulo 5).

Quanto aos mapas de superfície relativos à área estudada, a técnica geoestatística denominada inverso do quadrado da distância foi visualmente satisfatória para a espacialização dos dados, embora estatisticamente apresente limitações para sua utilização, pois os pontos de coleta deveriam estar distribuídos em uma malha regular para que a modelagem fosse eficiente. Em alguns pontos, a técnica utilizada não foi capaz de representar bem o resultado, mas não interferiu na análise macro, indicando as áreas mais crítica e de melhor qualidade na MCB. Contudo, cabe ressaltar que a distribuição dos pontos de coleta não pode ser exclusivamente para atender à estatística, mas para compreender a microbacia em estudo. Ratifica-se que a amostragem foi condicionada pela bacia, tendo como pontos de coleta de água áreas de nascentes, encontros de rios, de lançamento de efluentes e de recreação de contato primário.

Assim, as análises espacial e temporal forneceram subsídios para a interpretação rápida da qualidade da água, permitindo a tomada de decisão quanto ao manejo de áreas afetadas pelas atividades poluidoras.

VII. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Essa pesquisa foi desenvolvida pela primeira vez na área de estudo, tendo a preocupação de escolher pontos de coleta para análise da qualidade da água de grande relevância, pois, historicamente, as águas da MCB servem aos moradores do entorno e aos visitantes, para, principalmente, consumo e recreação de contato primário, além de se configurar como locais que possibilitem a preservação dos ambientes aquáticos nas áreas do PNCD.

Quanto à caracterização e modelagem hidrológica da MCB, afirma-se que se tem uma bacia de 5ª ordem, cujo rio principal possui uma extensão de 10 km de acordo com a hierarquia de Strahler, possuindo 253 canais de escoamento, uma área de drenagem de 50,04 Km² e perímetro de 36,77 Km. Quanto aos valores da relação de bifurcação encontrados para cada ordem dos canais a maior parte deles apresenta forte dissecação. O fator de forma da bacia é de 4,06 e o coeficiente de compacidade é de 1,46 e esses valores indicam que a bacia possibilita maior velocidade na dispersão de poluentes. O desnível topográfico é superior a 1.000m, com altitude mínima de 321m e máxima de 1.327m, o que favorece junto com o canal estreito e encaixado a ocorrência de ondas confinadas.

O conhecimento das características físicas, morfológicas e hipsométricas da MCB, através dos parâmetros: relação de bifurcação; comprimento do canal principal (Lm); área da bacia (A); perímetro da bacia (P); fator forma (F); coeficiente de compacidade (Kc); comprimento da bacia (L); forma da bacia (Ic); densidade de rios (Dr); densidade de drenagem (Dd) e altitudes mínima, máxima e média, amplitude altimétrica máxima (Hm), relação de relevo (Rr), índice de rugosidade (Ir) e declividade, foram importantes para relacionar com os parâmetros físico-químicos da qualidade da água, tais como: temperatura da água, turbidez, sólidos totais, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), condutividade elétrica (CE), nitrato, fosfato e salinidade. As discussões dos supracitados parâmetros basearam-se no aspecto legal da resolução CONAMA 357/2005, assim como sua classificação em classe especial, conforme exposto adiante. A classe especial é a única que se refere para unidades de proteção integral e exige a manutenção dos parâmetros naturais. A MCB tem seu primeiro estudo nessa dissertação e o seu

“background natural” de “origem” foi perdido, pois historicamente a área foi modificada pelo garimpo. Entretanto, cerca de 85% da área está inserida no PNCD e frente a inatividade, de forma geral do garimpo, os resultados aqui obtidos configuram o background possível da MCB, os parâmetros da mesma na classe especial, com algumas variações. Para fins de comparação com os valores dos parâmetros do banco de dados, considerou-se os padrões estabelecidos para a classe 1, a mais exigente e restritiva da legislação vigente.

A classe especial pode ter suas águas para usos prioritários como: abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Tendo em vista os resultados, observa-se que a montante da Vila de Igatu é uma área com pouca interferência humana em que a qualidade da água apresentou boas condições de uso de recreação de contato primário e até de consumo. A referida área apresenta as características naturais sugerindo-se, dessa forma, que o PNCD considere esta área como referência para a classe especial.

Dentre os parâmetros coletados, o pH diferencia-se em qualquer das classes da legislação CONAMA 357/2005, se caracterizando como anômalo na bacia, mas um fenômeno natural. Está associado a características físico-químicas e na decomposição de rochas em contato com a água, devido à presença de silicatos nos arenitos que recobre quase a totalidade da MCB e em alguns pontos o neossolo litólico pouco espesso.

Situações pontuais fazem com que a classe para aquele segmento da MCB seja diferente do anteriormente sugerido para a área analisada, como os pontos P7, P9, P14, P18 e P20 que devem ser enquadrados como classe 2 e o ponto P13, como classe 3, já que é o local, lançamento de efluentes domésticos da Vila de Igatu e está situado no entorno do PNCD. Os pontos P1 a P6, P8, P10, P11, P12, P15, P16, P17e P19 são classificadas como classe especial ou classe 1. Deve-se, portanto, ter atenção para os pontos que têm a interferência urbana, nesse caso a partir do P15, principalmente no período seco, em que o volume de água é menor e está a jusante da saída de esgoto da Vila.

Na distribuição de classes ao longo da bacia ocorre um aparente conflito com os 15% que está situado fora da classe especial, localizando-se no centro da

mesma, junto à Vila. Ressalta-se que a ocupação dessa área pela população igatuense é anterior ao PNCD. Assim a busca da melhoria da qualidade é fundamental, mas não deve ser critérios para punições, e sim orientativa, já que é pertinente à configuração da bacia. Uma sugestão é intervir sanitariamente no P13, com tratamento pontual direto na saída dos efluentes, ainda que simplificado, o que favoreceria a melhoria generalizada dos resultados nos parâmetros de qualidade da água vila abaixo, evitando em um cenário futuro, graves problemas referentes ao uso das águas deste manancial, que porventura venha prejudicar a saúde e o bem estar da população no entorno.

Após a realização das análises com os parâmetros de qualidade das águas, realizou-se a modelagem espacial e temporal a partir do IQA_{Ba} , a qual variou qualitativamente entre boa e péssima e visou: fornecer suporte a interpretação rápida da qualidade da água na área de estudo; a tomada de decisões pelo PNCD quanto ao manejo de áreas e; para servir de parâmetros para os demais trabalhos e/ou implantação de atividades econômicas no entorno, desde que a área de estudo possua as mesmas características fisiográficas. No que se refere ao trecho do rio que é influenciado pelo lançamento de efluentes domésticos, sugere-se a realização de trabalhos que analisem os sedimentos, com intuito de verificar se há absorção dessas partículas no mesmo, bem como a aplicação de modelagem matemática que avalie o lançamento de efluentes para lançamento pontual nesse trecho de rio, buscando avaliar a relação existente entre oxigênio dissolvido e matéria orgânica.

A MCB é considerada uma das nascentes do Paraguaçu, as quais têm suas origens nos contrafortes dos “Gerais do Capa Bode”. A região foi uma importante área de exploração de diamantes no século XIX e a Vila de Igatu, hoje, é tombada pelo IPHAN, assim como as demais áreas da Chapada Diamantina, teve sua principal atividade econômica, quase totalmente substituída pelo turismo, exceção feita a Mucugê.

Através da história ambiental da área de estudo, verifica-se que a atividade garimpeira promoveu intensas modificações, dentre os quais destacam-se: retirada total de solo e sedimentos, com redução/destruição dos aquíferos e portanto alterações no ciclo hidrológico, com provável modificação da qualidade da água e dinâmica fluvial, retirada de vegetação original, com substituição de

biomas promovendo modificação geral da paisagem marcadas por: tocas ou locas, as corredeiras, montoeiras, barragens, grunas, as ruínas, dentre outras.

A litologia é constituída por arenitos e metarenitos com níveis de metassiltitos, conglomerados, microconglomerados e quartzitos da Formação Tombador. As rochas areníticas e a ação garimpeira geraram atualmente num relevo que apresenta superfícies com estruturas irregulares e ruiformes e solos pouco desenvolvidos com predomínio de afloramentos rochosos, que caracteriza toda a Chapada Diamantina. Diante dessa afirmação, a microbacia em estudo pode representar as bacias diamantíferas que saem de dentro do PNCD e que apresentem a mesma geologia, padrão hídrico e intervenção antrópica histórica, que tem hoje utilização quase nula. Ela pode representar o background da área onde outras atividades tenham se instalado como a agroindústria de Mucugê, ou turismo de Lençóis.

Cabe ressaltar que a abordagem dessa temática no contexto que ela foi desenvolvida, buscou alcançar os objetivos propostos e não teve a pretensão de esgotar as possibilidades de pesquisa, visto que a área de estudo e o objeto da pesquisa apresenta complexidade. Espera-se que este primeiro estudo na MCB, o qual é apresentado nessa dissertação tenha contribuído para obter conhecimento da área de estudo, de modo a subsidiar a gestão ambiental nas áreas do PNCD e da Vila de Igatu, quanto a qualidade das águas superficiais, além de tornar o background possível para áreas do entorno que tenham instalado atividades econômicas.

VIII. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.M.de. **Análises Hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para Comparação de Duas Bacias Hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu.** São Paulo. Programa de Pós-graduação em Geografia Física do departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Mestrado. 141p. (2009)

ANDRADE, C. da S. **“No Meio do Caminho tinha uma Pedra”:** Memória, Turismo e Mística Paisagem de Xique-xique de Igatu, Andaraí-BA. 2005. 178f. Dissertação (Mestrado em Cultura e Turismo)- UESB, Ilhéus. 2005.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21th ed. Washington D.C.: APHA, 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos.** 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2003.

BAILEY T.C. and GATRELL A.C. **Interactive Spatial Data Analysis.** Longman Group Limited. London, 1995. 413 p.

BIGARELLA, J.J. e SUGUIO, K.;. **Ambientes fluviais.** 2. ed. rev Florianópolis: Ed. da UFSC, Curitiba, PR: 1990.

BILICH, M. R. e LACERDA, M. P.C. **Avaliação da Qualidade da Água do Distrito Federal (DF), por Meio de Geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2059-2065.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In.: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.p.153-192.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo. **Introdução a Engenharia Ambiental.** 2. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2006. 318 p.

BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia Aplicada a Engenharia Sanitária.** 3. ed Sao Paulo: CETESB, 1978.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – **CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.

BRASIL. Lei federal nº. 6938/1981. **Política Nacional do Meio Ambiente -PNMA.** 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 12/10/2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente . **Lei nº 9.985/2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 12/10/2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei Federal nº 9.433/97. Política Nacional de Recursos Hídricos.** 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em 12/10/2010.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). **Guidelines for Interpreting Water Quality Data:** Versão 1.0, 1998. Disponível em <http://www.ilmb.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/index.htm>, acesso em 30 nov. 2010.

BRUCK, E. C.; FREIRE, A. M. V.; LIMA, M. F. 1995. **Unidades de Conservação do Brasil: cadastramento e vegetação: 1991-1994.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Oxford: Clarendon, 1986.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. **Análise espacial de superfícies.** Brasília: Embrapa, 2004.

CARVALHO, H.D. de. **Modelagem Espacial do Potencial Turístico da Antigas Trilhas Garimpeiras na Vila de Igatu, Chapada Diamantina, BA.** 2008. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências a Terra e do Ambiente) – UEFS, Feira de Santana. 2008.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia.** 2.ed. rev. e ampl Sao Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** São Paulo, SP: E. Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, Antonio; Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: E. Blucher, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1981.

CONTE, M. De Lourdes e LEOPOLDO, P. R. **Avaliação e Recursos Hídricos: Rio Pardo um Exemplo.** São Paulo: Editora UNESP, 2001.

CORADI, P.C; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Avaliação da Qualidade da Água Superficial dos Cursos de Água do Município de Pelotas-RS,** Brasil.2009

CPRM. **Projeto Chapada Diamantina. Parque Nacional da Chapada Diamantina- Ba: Informações Básicas para a Gestão Territorial. Diagnóstico**

do Meio Físico e Vegetação/ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
– CPRM. Salvador: CPRM/Ibama, 1994.

CPRM. **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil - Uso do Subsolo**. MME – Ministério de Minas e Energia, 2002. Disponível em www.cprm.gov.br. Acesso e 01 de dezembro de 2009.

CRISPIM, J. de Q. **Avaliação dos Recursos Hídricos e o Desenvolvimento de Métodos Qualitativos da Avaliação Ambiental em Estabelecimentos Agroecológicos no Município de Rio Branco do Sul – PR**. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2007

GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B.da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 6ªEd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

DERISIO, Jose Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. São Paulo: CETESB, 1992.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ed. Brasília: EMBRAPA, SPI, 2006.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed Rio de Janeiro, RJ: Interciencia, 1998.

FARIAS, M.S.S. de. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. (CTRN). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – Paraíba, 2006 (Dissertação de Mestrado).

FIORUCCI, A.R. e BENEDETTI FILHO, E. A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **In: Química Nova na Escola**. Nº22. (2005). Recebido em 29/4/04, aceito em 9/5/05

FITZ, P.R. **Cartografia Básica**. Canoas, RS:Centro Universitário La Salle, 2005.

GASTALDINI, M.do C.C e MENDONÇA, A.S.F. Conceitos para Avaliação da Qualidade da água. **In.: Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. p. 429-451. Orgs: João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva. Porto Alegre: ABRH, 2001

GASTALDINI, M.do C.C. e TEIXEIRA, E.C. Avaliação da Qualidade da Água. **In.: Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. p. 453-490. Orgs: João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva. Porto Alegre: ABRH, 2001

GRANELL-PÉREZ, M. del C. **Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas**. 2. ed Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2004.

GREGHI, S.Q. **Avaliação da Eficiência de Métodos Rápidos Usados para Detecção de Coliformes Totais e Coliformes fecais em Amostras de Água em Comparação com Técnicas de Fermentação de Tubos Múltiplos.** Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

GUERRA, A.J.T e MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. **In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Vitte, A.C e Guerra, A.J.T.(org). 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

HASSLER, M.L. **A Importância das Unidades de Conservação no Brasil.** Sociedade e Natureza, Uberlândia, dezembro 2005. p.79-89.

IBGE (2007). **Contagem da População 2007.** Disponível em: (http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final.pdf), acesso em 06 de julho de 2010.

MAGALHÃES JÚNIOR, A.P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: Realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARINO, A. **Ferramenta de classificação da qualidade da água da Bacia do Rio Piracicaba (PCJ) na WEB - <http://hydro.cria.org.br/iqa>.** CAMPINAS – SP, Novembro – 2003.

MEDAUAR, Odete (Organizadora). **Constituição Federal – Coletânea de Legislação de Direito Ambiental.** 5ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2006.

MELLANBY, Kenneth. **Biologia da Poluição.** Sao Paulo: EPU, 1982.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 3 ed. Atual. Ampl. – Viçosa: Ed: UFV, 2005.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 1995.

NOLASCO, M.C. **Registros Geológicos Gerados pelo garimpo, Lavras Diamantinas – Bahia. 2002.** Tese (Doutorado em Geociências). PPPG em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RGS. 2002.

NOLASCO. M.C. **Igatu – Museu vivo do garimpo.** Área de proteção do Parque Nacional da Chapada Diamantina. Relatório final: projeto nº 0367991. Fundação O Boticário de proteção a natureza. Feira de Santana - Bahia, outubro, 2000.

OLIVEIRA, C.F. e SILVA, A.deB. A Utilização do Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Apoio a Atividade Turística do Distrito de Igatu - BA. **In.: XIV**

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal (2009). Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto. p. 4181 - 4188. (CD-ROM)

PEREIRA, R.S. **Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos.** ReRH- Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. Volume 1. N.1. Jul/Set 2004.

PINTO,L.V.A. FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A., DAVIDE, A.C. **Caracterização Física da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e Uso Conflitante da Terra em Suas Áreas de Preservação Permanente.** Cerne, Lavras, v. 11, n. 1, p. 49-60, jan./mar. 2005.

PISSARA, T.C.T; BORGES, M.J. GALBIATTI,J.A; RODRIGUES, F.M; POLITANO,W. **Análise Morfométrica da Microbacia Hidrográfica do Córrego Rico, região Nordeste do Estado de São Paulo.** Científica, Jaboticabal, v.34, n.2, p.170-177, 2004.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (Org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação** . 3. ed. rev. e amp. Sao Paulo: Escrituras, 2006.

RIZZI, N. **Índices de Qualidade de Água.** Sanare, v.15, p.13-25, 2001.

RODRIGUES, A.S.L ; ANDELMAN, S.J. ; Bakarr, M. I. ; BOITANI, L. ; BROOKS, T. ; COWLING, R. M. ; FISHPOOL, L.D. C. ; FONSECA, G. A. B. ; Gaston, K. J. ; Hoffmann, M. **Global gap analysis: towards a representative network of protected areas.** Advances in Applied Biodiversity Science, v. 5, p. 1-98, 2003.

SACRAMENTO, Martonio Ferreira. **Análise Sócio-Ambiental da Microbacia do Rio Capivara Pequeno, Camaçari – Bahia.** Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – UFBA, Salvador. 2005.

SANTOS (2010), Amarildo. **Um Levantamento Geral do que temos em Igatu.** 2010.

SANTOS,S; PINA,M.de F de;CARVALHO,M.S. Os Sistemas de Informações Geográficas. In: **Conceitos Básicos de Sistemas de Informações Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde.** PINA,M.deF.de e SANTOS,S.M.(Org). Brasília: OPAS, 2000.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SEI. SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONOMICOS E SOCIAIS DA ESTADO DA BAHIA. **Balanco Hídrico do Estado da Bahia.** Salvador, Ba: SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, 1999.

SILVA, A. M. et al. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003.

SILVA, J.P.S. **Impactos Ambientais Causados por Mineração**. Revista Espaço da Sophia. Nº 08 – Novembro/2007 – Mensal –Ano I.

SOUZA, A.F.C.S. **Análise Bacteriológica Quantitativa em Águas de Recreação e Consumo do Distrito de Igatu – Chapada Diamantina, Bahia**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). UEFS. Feira de Santana, 2010.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J.L.;FULLER, B.B. **Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista Uniara, n.20, 2007.

TONELLO, K.C.T; DIAS, H.C.T; SOUZA,A.L de; RIBEIRO, C.A.A.S.R; LEITE, F.P. **Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG**. Revista Árvore, Viçosa-MG,v.30, n.5, p.849-857,2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975.

VITTE, A.C e GUERRA, A.J.T.(org). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1), 2005.

WHO (World Health Organisation). **Guidelines for drinking-water quality**.Volume 1. Recommendations.WHO, Geneva. 2ed, 1993.

WORSTER, D. **Para Fazer História Ambiental**. Estudos Históricos, Rio de Janeiro, vol. 4, n. 8, 1991, p. 198-215.

XAVIER-DA-SILVA, J. e ZAIDAN, R. T. (Ed.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.143-177.