

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA, MUNICÍPIOS DE BURITI
ALEGRE E MORRINHOS, GOIÁS**

LEONARDO BATISTA PEDROSO

**UBERLÂNDIA/MG
2018**

LEONARDO BATISTA PEDROSO

**QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA, MUNICÍPIOS DE BURITI
ALEGRE E MORRINHOS, GOIÁS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Teresinha de Munhoz Colesanti

Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P372q
2018

Pedroso, Leonardo Batista, 1988-

Qualidade ambiental das águas superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, municípios de Buriti Alegre e Morrinhos, Goiás / Leonardo Batista Pedroso. - 2018.

203 f. : il.

Orientadora: Marlene Teresinha De Muno Colesanti.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.66>

Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Água - Qualidade - Goiás (Estado) - Teses.
3. Água - Análise - Ribeirão da Areia - Goiás (Estado) - Teses. 4. Bacia hidrográfica - Goiás (Estado) - Teses. I. Colesanti, Marlene Teresinha De Muno. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Gerlaine Araújo Silva – CRB-6/1408

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

LEONARDO BATISTA PEDROSO

“QUALIDADE AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA, MUNICÍPIOS DE BURITI ALEGRE E MORRINHOS, GOIÁS”.

Profª. Drª Marlene T. de Munhoz Colesanti (Orientadora) - UFU

Profª Drª Maria Beatriz Junqueira Bernardes – UFU

Prof. Doutor Paulo Cezar Mendes – UFU

Prof. Doutor Aristede Geovani de Oliveira – UEG – Morrinhos - GO

Profª Drª Vera Lúcia Abdala – IFTM – Uberaba - MG

Data: 23 / 02 de 2018

Resultado: Aprovado

DEDICO

*Ao meu irmão Daniel, minhas sobrinhas
Lívia e Lorena; que o conhecimento possibilite
os caminhos mais ternos de suas vidas.*

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, que é Deus, pela oportunidade de vivenciar mais uma etapa da vida. Devo gratidão eterna pela perseverança, determinação e fé.

À minha orientadora Profa. Marlene Colesanti, por compartilhar seus conhecimentos e visão, essenciais ao aprimoramento e crescimento profissional.

À minha mãe, Ana Lucia, por toda compreensão e amor empregados especialmente nas horas difíceis inerentes ao processo de doutoramento. Em nome dela, agradeço aos demais familiares, como minhas tias Sueli e Mirtes, minha irmã Viviane, meu irmão Daniel e meu pai, Zacarias.

À minha namorada, Vanessa, pelo amor imensurável e pelo apoio irrestrito ao longo deste processo.

Ao irmão Thiago Pereira e demais irmãos da Loja Maçônica União Cidade dos Pomares pelo incentivo.

Ao Instituto Federal Goiano, na figura do Diretor Prof. Gilberto Silvério, no qual estendo especificamente à Direção de Ensino, Prof. Luciano Carlos, bem como ao meu colega de área, Prof. Rodrigo Borges. Agradeço também pela essencialidade nos dias de campo o motorista Rodrigo Cardoso e meu orientando Yan Lemke. Sem tais apoios, esta etapa seria ainda mais complexa.

Ao Laboratório da SANEAGO em Morrinhos, no qual agradeço profundamente os técnicos Irene Queiroga e Miguel Lino, pelos ensaios pelo auxílio técnico, indispensáveis para a realização deste trabalho.

Ao Laboratório BioyGeo Ambiental, na figura da Profa. Mara Lemke, pelo profissionalismo, apoio e suporte indispensáveis.

Aos colegas de área e amigos pelo amadurecimento epistemológico, Janaína Guidolini e Jimmy Pavón.

Aos amigos Fernanda Pereira e Rodrigo Castro pelo auxílio técnico em segmentos específicos da tese.

Por fim, agradeço a todos que se fizeram presentes neta etapa e contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

"Ouve o barulho do rio, meu filho
Deixa esse som te embalar
As folhas que caem no rio, meu filho
Terminam nas águas do mar

Quando amanhã por acaso faltar
Uma alegria no seu coração
Lembra do som dessas águas de lá
Faz desse rio a sua oração"

Marisa Monte, O Rio, 2006

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo diagnosticar a qualidade ambiental de águas superficiais em diferentes porções da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, localizada ao sul do Estado de Goiás, sendo este um importante produtor de alimentos no Brasil. Para tanto, foram delineados procedimentos e técnicas de amostragem de qualidade das águas, por meio da coleta e análise de amostras de 10 pontos durante os períodos seco e chuvoso, espacialmente distribuídos na bacia, de modo a contemplar alto, médio e baixo cursos dos principais afluentes. Em laboratório, foram realizados procedimentos de acordo com o SMEWW – *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Os resultados das variáveis físico-químicas e microbiológicas foram comparados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, para águas de Classe 2. O produto ponderado do cálculo entre estas variáveis gerou o IQA – Índice de Qualidade das Águas. Durante os trabalhos de campo, também foi aplicado o PAR – Protocolo de Avaliação Rápida de Rios. A aplicação de tais métodos permitiu a compreensão do quadro ambiental das águas e seus respectivos entornos, possibilitando a identificação de eventuais alterações que impactassem na qualidade dos recursos hídricos. Foram utilizados métodos de geoprocessamento para a espacialização das informações. Durante o período de estiagem, os resultados acusaram variação do IQA entre 63,01 e 89,95, estando apenas um ponto com classificação das águas em “boa” e os demais em “ótima”, conforme padrão adotado para o Estado de Goiás. Durante o período chuvoso, os resultados apontaram índices que variaram entre 62,18 e 85,77, estando três pontos em boa condição e os demais em avaliados em “ótima”. Foi evidenciada também a necessidade de enquadramento dos corpos hídricos nas respectivas classes de águas doces da Resolução CONAMA n.º 357/2005. O diagnóstico de adequação ambiental permitiu a identificação de irregularidades dos pontos analisados face ao que é exigido pelo Código Florestal, em específico à manutenção de áreas de preservação permanente. Em quase sua totalidade, os pontos analisados, além de não manterem a largura necessária, apresentaram problemas também quanto à densidade fitofisionômica. As formas de uso e ocupação tiveram papel significativo sobre essa realidade, sobretudo as que se fazem mais presentes, como pastagem e agricultura. É necessário que tais pesquisas sejam realizadas periodicamente, juntamente com planos de ação de órgãos competentes, permitindo avaliar e identificar fragilidades ambientais, possibilitando maior eficácia na atuação do poder público face aos problemas recorrentes.

Palavras-chave: IQA. PAR. Recursos hídricos. Qualidade hídrica. Goiás.

ABSTRACT

The present work has the objective of diagnose the environmental quality of surface waters in different portions of the Ribeirão da Areia Watershed, located in the south of the State of Goiás, being an important food producer in Brazil. For this, were outlined procedures and techniques for sampling water quality, by means of the collection and analysis of samples of 10 points during the dry and rainy periods, spatially distributed in the watershed, in order to contemplate high, medium and low courses of the main tributaries. In laboratory, were performed procedures according to SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The results of physico-chemical and microbiological variables were compared to the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005 for Class 2 waters. The weighted product of the calculation between these variables generated the WQI - Water Quality Index. During the field work, the RAP – Rapid Assessment of Rivers Protocol was also applied. The application of these methods allowed the understanding of the environmental framework of the waters and their respective environments, allowing the identification of possible changes that impacted the quality of water resources. Were used geoprocessing methods to the spatialization of informations. During the dry season, the results showed a variation of the WQI between 63.01 and 89.95, being only one point with classification of waters in "good" and the others in "optimal", according to the standard adopted for the State of Goiás. During the rainy season, the results showed indices varying between 62.18 and 85.77, being three points in good condition and the others in evaluated in "optimal". Was also evidenced the necessity of framing the water bodies in the respective classes of fresh waters of CONAMA Resolution No. 357/2005. The diagnostic of environmental adequacy allowed the identification of irregularities of the analyzed points against what is required by the Forest Code, specifically to the maintenance of permanent preservation areas. Almost in its entirety, the analyzed points, besides not maintaining the necessary width, presented problems also regarding the phytophysiognomic density. The forms of use and occupation had a significant role about this reality, especially those that are more present, such as pasture and agriculture. It is necessary that such researches be performed periodically, together with action plans of competent bodies, allowing to evaluate and identify environmental fragilities, enabling greater effectiveness in the performance of public power in the face of recurring problems.

Key-words: WQI. RAP. Water resources. Water quality. Goiás.

Lista de Mapas

Mapa 1 – Microrregião Meia Ponte, Goiás: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia.....	25
Mapa 2 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Mapa do Substrato Rochoso	30
Mapa 3 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Hipsometria e Drenagem	33
Mapa 4 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Geomorfologia	34
Mapa 5 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Solos	36
Mapa 6 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Hierarquia da drenagem conforme Strahler (1952)	44
Mapa 7 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Uso do Solo.....	46
Mapa 8 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Pontos de coleta.....	54
Mapa 9 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, alto curso .	106
Mapa 10 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, médio curso	108
Mapa 11 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, baixo curso	110
Mapa 12 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Índice de Qualidade das Águas durante período de estiagem.....	178
Mapa 13 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Índice de Qualidade das Águas durante período chuvoso	179

Lista de Figuras

Figura 1 – Sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica; processos e fluxos.....	41
Figura 2 – Representação da hierarquização da drenagem conforme Strahler (1952)	42
Figura 3 – Mosaico de Imagens SRTM para o Estado de Goiás.....	50
Figura 4 – Processo de delimitação das nascentes no Sistema de Informação Geográfica.....	51
Figura 5 – Imagens do satélite Landsat 8 utilizadas no geoprocessamento das informações.....	52
Figura 6 – Separação de frascos para análises de OD e DBO; soluções para fixação de oxigênio nas amostras para análise de OD	55
Figura 7 – Coleta de amostra de água para exame bacteriológico; adição de solução para fixação de oxigênio em amostra para análise de OD	56
Figura 8 – Laboratório da SANEAGO: (A) Phmetro; (B) Turbidímetro	58
Figura 9 – Procedimentos laboratoriais para determinação do Oxigênio Dissolvido nas amostras	58
Figura 10 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA	60
Figura 11 – (A) coleta e registro de coordenadas geográficas; (B) procedimentos analíticos de registro do PAR	64
Figura 12 – Diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos	80
Figura 13 – Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	82
Figura 14 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: (A) uso e ocupação da área; (B) leito parcial durante período de estiagem.....	113
Figura 15 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: canalização e alterações do canal durante período chuvoso.....	115
Figura 16 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: (A) área represada e presença de buritis durante período de estiagem; (B) leito parcial do córrego no período seco..	117
Figura 17 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso: (A) largura do ribeirão em seu médio curso; (B) densidade fitofisionômica no trecho	119
Figura 18 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: (A) pastagem próxima ao leito do ribeirão; (B) ponte de concreto sobre o curso d'água	121

Figura 19 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: (A) bases da ponte de concreto e leito do ribeirão; (B) leito do Ribeirão da Areia em seu médio curso	122
Figura 20 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: (A) coleta de amostra de água e disposição das margens; (B) leito do Ribeirão durante período de estiagem	124
Figura 21 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: (A) pastagem degradada; (B) leito do Ribeirão.....	126
Figura 22 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: leito durante período chuvoso	128
Figura 23 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: (A) leito do curso; (B) área de pastagem próxima ao canal; (C) ponte de acesso à sede de propriedade rural; (D) fundo de cascalhos e pedras.....	129
Figura 24 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: (A) leito e altura da lâmina d’água durante período de estiagem; (B) processos erosivos nas margens	131
Figura 25 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: leito durante o período chuvoso	132
Figura 26 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: (A) deságue de tributário e presença de sedimentos na margem inundável; (B) disposição e presença de material rochoso no leito.....	134
Figura 27 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: leito durante período chuvoso.....	135
Figura 28 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: (A) leito na área de análise; (B) trecho de remanso	137

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Morrinhos, Goiás: Climograma local (médias no período 1973-2015)	39
Gráfico 2 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso	112
Gráfico 3 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso	116
Gráfico 4 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	118
Gráfico 5 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	120
Gráfico 6 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	123
Gráfico 7 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	125
Gráfico 8 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	127
Gráfico 9 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	130
Gráfico 10 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	133
Gráfico 11 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso.....	136
Gráfico 12 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	142
Gráfico 13 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	146
Gráfico 14 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio Curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	150
Gráfico 15 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio Curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	153

Gráfico 16 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	157
Gráfico 17 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	161
Gráfico 18 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	164
Gráfico 19 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	167
Gráfico 20 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	170
Gráfico 21 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005	174
Gráfico 22 – Correlação linear entre turbidez e IQA.....	181
Gráfico 23 – Correlação linear entre pH e IQA.....	181
Gráfico 24 – Correlação linear entre STD e IQA	182
Gráfico 25 – Correlação linear entre nitrato e IQA	182
Gráfico 26 – Correlação linear entre OD e IQA	183
Gráfico 27 – Correlação linear entre DBO e IQA.....	184
Gráfico 28 – Correlação linear entre fósforo total e IQA.....	184
Gráfico 29 – Correlação linear entre coliformes fecais e IQA.....	185

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Microrregião Meia Ponte, Goiás: Dados socioeconômicos, 2014.....	26
Tabela 2 – Faixas de classificação da qualidade da água de acordo com o cálculo do IQA	61
Tabela 3 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso.....	139
Tabela 4 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	144
Tabela 5 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio Curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	148
Tabela 6 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio Curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	151
Tabela 7 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	155
Tabela 8 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	159
Tabela 9 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	162
Tabela 10 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	166
Tabela 11 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	169
Tabela 12 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso	172
Tabela 13 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia: IQA e classificação para os pontos de análise	175

Lista de Quadros

Quadro 1 – Parâmetros das Imagens Orbitais	51
Quadro 2 – Localização e descrição dos pontos de coleta de água e dados	53
Quadro 3 – Relação técnica dos parâmetros de análise hídrica	57
Quadro 4 – Parâmetros de qualidade de água (q) utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA, e seus respectivos pesos (w)	59
Quadro 5 – Classificação da intensidade da correlação.....	62
Quadro 6 – Parâmetros do protocolo de avaliação rápida de rios.....	63
Quadro 7 – Pontuação atribuída aos parâmetros de análise do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios	66
Quadro 8 – Categorização das condições ambientais do PAR	67
Quadro 9 – Classificação de águas doces conforme Resolução n.º 357 de 2005	87
Quadro 10 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade	88
Quadro 11 – Concentração de OD de saturação para diferentes temperaturas da água.	92
Quadro 12 – Largura das Áreas de Preservação Permanente em rios	104

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
AGETOP	Agência Goiana de Transportes e Obras
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNMINERAL	Fundo de Fomento à Mineração
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAP	Índice de Qualidade de Água Bruta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFGoiiano	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano
IFSAR	<i>Interferometric Synthetic Aperture Radar</i>
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IMAP	Instituto de Meio Ambiente Pantanal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade das Águas
MacroZAEE	Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida de Rios
PH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
QGis	<i>Quantum GIS</i>
SANEAGO	Companhia Saneamento de Goiás S.A
SGM	Superintendência de Geologia e Mineração
SIC	Superintendência de Indústria e Comércio
SIEG-GO	Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás
SIG	Sistema de Informação Geográfica

SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMEWW	<i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i>
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
STD	Sólido Total Dissolvido
UC	Unidade de Conservação
UC	Unidade de Medida de Cor
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
USPHS	<i>United States Public Health Service</i>
VMP	Valor Máximo Permitido
WGS	<i>World Geodetic System</i>
WQI	<i>Water Quality Index</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
2.1 Caracterização Socioeconômica.....	26
2.2 Caracterização Geológica.....	28
2.3 Caracterização Geomorfológica.....	31
2.4 Caracterização Pedológica	35
2.5 Caracterização Climática	38
2.6 Caracterização Hidrográfica.....	40
2.7 Uso do Solo	45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
3.2 Geoprocessamento das Informações	48
3.3 Levantamento de Dados da Qualidade Hídrica e Determinação do Índice de Qualidade de Água.....	52
3.3.1 Procedimentos e Técnicas de Amostragem de Qualidade das Águas	55
3.3.2 Procedimentos de Análise Laboratorial	56
3.3.3 Determinação do Índice de Qualidade das Águas.....	58
3.3.4 Correlação entre Parâmetros e o IQA	61
3.4 Aplicação dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios	62
4 QUALIDADE AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS: Pressupostos teóricos e conceituais	68
4.1 A Questão Ambiental	68
4.2 Os Recursos Hídricos e o Desenvolvimento.....	71
4.3 Aspectos Legais do Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos.....	74
4.4 Parâmetros de Análise da Qualidade Hídrica	91
4.5 Índice de Qualidade das Águas	98
4.6 Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios.....	100
5 DIAGNÓSTICO DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA.....	103
5.1 Diagnóstico de Adequação Ambiental	103
5.2 Protocolo de Avaliação Rápida de Rios em Pontos da Bacia do Ribeirão da Areia	111
6 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA.....	138
6.1 Análise dos Parâmetros de Qualidade das Águas	138
6.2 Resposta do Índice de Qualidade das Águas	175
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	186
REFERÊNCIAS	190
ANEXO	202

INTRODUÇÃO

O presente trabalho propõe uma análise que visa o diálogo entre as temáticas de qualidade ambiental e de águas superficiais aplicado à realidade de diferentes porções da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, localizada ao sul do Estado de Goiás, considerada de grande importância regional, pelo desenvolvimento de atividades econômicas ligadas ao setor agropecuário.

Os trabalhos de qualidade ambiental favorecem a compreensão do quadro de determinado ambiente em relação aos seus aspectos, possibilitando, também, análises que indiquem processos que tenham como consequência suas atuais configurações, sejam elas positivas ou negativas. Em termos práticos, estudos com essa característica são de grande importância para o planejamento e a gestão públicos, na medida em que identificam problemas e, em muitos casos, norteiam soluções para determinados problemas constatados (CUNHA; COELHO, 2010).

A análise do quadro ambiental vem de encontro à uma das categorias de análise espacial mais importantes da ciência geográfica, que é a paisagem, compreendida como unidade de análise primordial dentro da teoria geral dos sistemas. A análise dos componentes que compõem a paisagem natural e/ou antrópica permite a identificação do grau de intervenção do homem sobre determinado ambiente.

Tal intervenção tem provocado uma crise ambiental desencadeada por um modelo de desenvolvimento insustentável, isto é, que não leva em consideração a qualidade e quantidade de recursos naturais. A mudança de paradigma é essencial para que o ambiente e seus respectivos recursos sejam vistos a partir de uma visão sistêmica, onde o homem possui papel central nesta dinâmica.

A importância da água no contexto da qualidade ambiental e da própria sociedade deriva da essencialidade à vida humana, animal e vegetal. Ao sofrer influência direta das atividades humanas, apresenta mudanças quanto às suas propriedades físico-químicas, alterando os padrões de potabilidade básicos ao consumo e em meio natural gerando desequilíbrios ambientais e problemas de saúde.

A água doce é um recurso escasso e seu uso, sobretudo para fins agrícolas, corresponde a mais de 70% do consumo total. Menos da metade da população

mundial, que atualmente é de 7,2 bilhões de habitantes, dispõe de acesso à água potável e, desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que auxiliem na gestão dos recursos hídricos, assegurando sua qualidade e disponibilidade, e possibilitando a manutenção da qualidade de vida da população que usufrui deste recurso (SÃO PAULO, 2011; TUNDISI, 2008).

O grande aumento da população mundial constatado nos últimos dois séculos contribuiu de forma severa para o agravamento da situação hídrica. Dentre os problemas verificados, a escassez é um dos mais severos, gerando prejuízos danosos à vida humana, sobretudo em áreas áridas do planeta. A poluição também se tornou uma consequência preocupante, comprometendo o equilíbrio dos ecossistemas, gerando agravos relacionados à saúde das populações, sobretudo das mais pobres, pela ausência ou precariedade em aspectos sanitários.

A ameaça ao recurso hídrico, seja em termos de poluição, escassez, deficiência energética ou de serviços de saneamento, por exemplo, é, portanto, uma ameaça ao ser humano. Neste sentido, grande parte da população mundial enfrenta riscos de segurança hídrica, estando estes relacionados à dificuldade de acesso à água de qualidade, bem como em quantidade suficiente para assegurar a manutenção da vida e do bem-estar.

De todas as áreas do Planeta, a América Latina é a que dispõe da maior quantidade de recursos hídricos, contudo, apresentando queda drástica em relação à sua disponibilidade. Em 1950, a região apresentava 105.000m³ por habitante. Já em 2000, ou seja, cinquenta anos depois, a disponibilidade caiu para 28.300m² por habitante, o que indica que, além do crescimento da população, houve também aumento considerável do consumo do recurso, ocasionando queda do mesmo (BARROS; AMIN, 2008).

O Brasil apresenta média anual de vazão de seus cursos d'água superficiais estimada em cerca de 180.000 m³/s, 12% da disponibilidade hídrica superficial mundial, com volume per capita disponível de 48.314 m³ ano/habitante. Segundo a UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2003), este valor é 28 vezes superior ao que é considerado mínimo para a sobrevivência e garantia de qualidade de vida saudável. Mesmo apresentando tamanha grandiosidade em relação aos recursos hídricos, é possível notar quadros de crise, o que evidencia um descompasso entre disponibilidade e demanda. Isto

ocorre pelo fato de a Bacia Amazônica concentrar 73% da água doce do Brasil, contudo, concentrando apenas 5% da população do país em tal região. Desta forma, os 27% restantes concentram-se para 95% da população (LIMA, 2001; TUNDISI, 2014).

Em relação ao contexto brasileiro, o Estado de Goiás insere-se em situação intermediária, pois tem seu território localizado em três grandes regiões hidrográficas: Tocantins-Araguaia, Paraná e São Francisco, estando as duas primeiras entre as três (juntamente com a Amazônica) que apresentam as maiores vazões médias e disponibilidade hídrica específica do Brasil. Por outro lado, a pressão sobre os recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos, é menor do que em regiões como a do Atlântico-Leste. Nem por este motivo, deve-se abster de questões relacionadas à preservação dos corpos hídricos, pois na atual conjuntura das mudanças climáticas, mesmo as regiões de grande disponibilidade hídrica, podem sofrer oscilações quanto à oferta de água.

Para este trabalho, a região hidrográfica de maior importância é a do Paraná, pois é nela que se insere a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, cobrindo grande parte do Estado, em especial a porção sul. Este importante rio dispõe de afluentes como o Rio Corumbá, do qual faz parte o Ribeirão da Areia e seu respectivo sistema hidrográfico, foco deste estudo.

Compreendendo toda a dinâmica econômica envolvida na região, bem como o consequente risco oferecido à qualidade das águas, este trabalho tem por objetivo diagnosticar a qualidade ambiental das águas superficiais da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia como subsídio para gestão das águas locais.

Para se alcançar o objetivo geral do trabalho, foram delineados dois objetivos específicos, sendo estes: analisar a qualidade das águas superficiais de distintos pontos do Ribeirão da Areia e de seus principais afluentes; e compreender o quadro de preservação ambiental no entorno das águas da bacia.

Diante de tais objetivos, elucidam-se algumas questões, tais como: as águas da bacia do Ribeirão da Areia apresentam qualidade que sustentem os usos destinados? Há o atendimento aos limites estabelecidos pela legislação vigente? As distintas formas de uso e ocupação no entorno dos pontos analisados influenciam em possíveis danos e/ou prejuízos à qualidade das águas?

Essas questões que norteiam este trabalho justificam-se pela notoriedade da dinâmica econômica desta região. O Ribeirão da Areia insere-se predominantemente em território de dois municípios: Morrinhos e Buriti Alegre, ambos localizados na Microrregião Geográfica do Meia Ponte, sul do Estado de Goiás, conforme Mapa 1.

Essa região caracteriza-se por ser a maior bacia leiteira do Estado de Goiás, sendo este o terceiro maior produtor de leite do Brasil, com cerca de 11% da produção nacional (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2015). Destaca-se também na produção agrícola, com as culturas de cana-de-açúcar, soja, milho, feijão, além de algodão, abacaxi, banana, tomate e mandioca, bem como com a presença de indústrias no setor alimentício (MORRINHOS, 2015). O município de Morrinhos, onde situam-se as nascentes do Ribeirão da Areia e de seus principais afluentes, concentra também agroindústrias e empreendimentos no setor alimentício, empregando uma significativa parcela da mão-de-obra local em tais atividades. Possui população estimada em 44.204 habitantes conforme estimativa do IBGE (2015) e dispõe de uma área de 2.846,199 km².

Compreendendo a importância das águas para as referidas atividades, bem como para a região na qual a bacia se insere, faz-se de suma importância o desenvolvimento de atividades de pesquisa e monitoramento ambiental, sobretudo quanto aos recursos hídricos do respectivo município e de seus vizinhos. Vale salientar que, esta pesquisa em específico, apresenta dados e discussões de pontos distribuídos e arrolados ao longo de locais que representam os alto, médio e baixo cursos dos principais contribuintes do Ribeirão da Areia. Dada à dimensão da bacia hidrográfica, as constatações denotam de caráter de amostragem, nem sempre representando toda a realidade espacial da bacia.

Para melhor representação dos resultados obtidos por esta pesquisa, este trabalho foi estruturado em uma introdução, cinco capítulos e, por fim, as considerações finais.

A *Introdução* marca o início deste trabalho, com intuito de abordar questões gerais inerentes às temáticas que sustentam o trabalho, bem como ao expor objetivos, justificativa e razões que levaram à escolha do recorte espacial estudado e também questões a serem elucidadas com a realização desta pesquisa.

A *Localização e Caracterização da Área de Estudo*, tem o intuito de apresentar a bacia no contexto regional, bem como caracterizá-la a partir de aspectos socioeconômicos e naturais.

Os *Procedimentos Metodológicos*, que abordam as etapas realizadas e métodos empregados para o desenvolvimento deste trabalho, desde o levantamento bibliográfico, até a obtenção de dados referentes à qualidade hídrica e a obtenção de produtos cartográficos.

A *Qualidade Ambiental e Recursos Hídricos: Pressupostos teóricos e conceituais*, que se constitui enquanto arcabouço teórico deste trabalho, discutindo e abordando conceitos teóricos, técnicos e legislativos sobre qualidade ambiental e hídrica.

O *Diagnóstico de Adequação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia*, que apresenta análise ambiental de elementos em distintos pontos da bacia, bem como fornece subsídios para compreender em que nível de adequação à legislação ambiental vigente se encontra o entorno dos cursos d'água superficiais da bacia.

A *Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia*, cujo conteúdo dispõe de dados e análises acerca da qualidade das águas de diferentes pontos desta bacia, obtidos por meio de coleta e ensaios amostrais de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas.

Por fim, as *Considerações Finais* apresentam constatações gerais sobre o que foi apreendido com a pesquisa, bem como perspectivas para trabalhos futuros, avaliação dos métodos utilizados e relato de dificuldades encontradas.

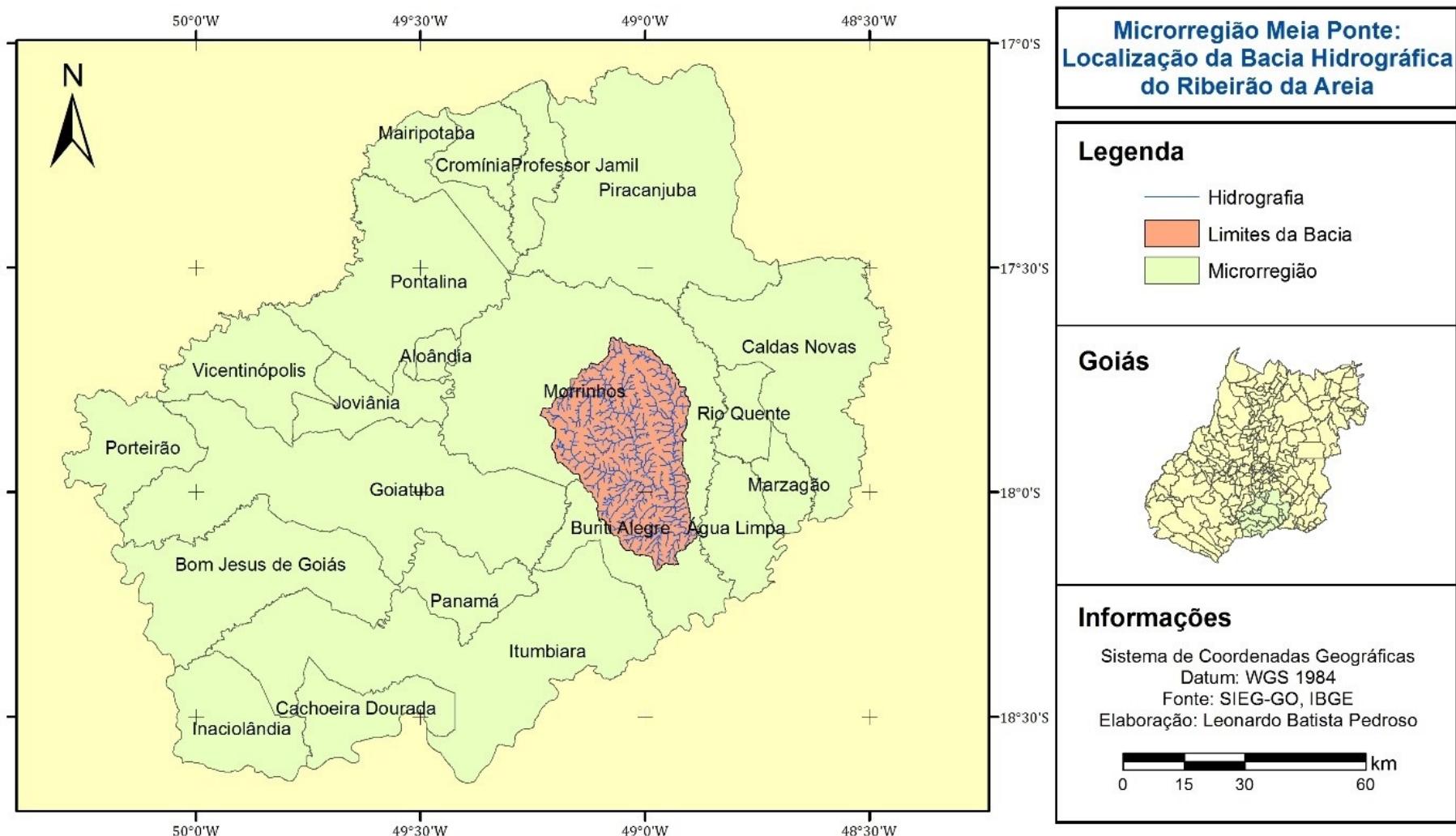
Após as considerações, são apresentadas também as referências utilizadas, bem como anexos do trabalho.

2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia insere-se predominantemente nos limites territoriais de dois municípios, sendo eles, Morrinhos e Buriti Alegre, ambos presentes na Microrregião Meia Ponte, localizada ao sul do Estado de Goiás. Visando uma caracterização regional onde se insere a bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, os subcapítulos a seguir apresentam de forma geral, aspectos socioeconômicos gerais e ambientais da área.

O Mapa 1, disposto a seguir, apresenta a localização da bacia no contexto da microrregião a qual está inserida.

Mapa 1 – Microrregião Meia Ponte, Goiás: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia



Fonte: SIEG-GO, 2010; IBGE, 2015.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

2.1 Caracterização Socioeconômica

A microrregião dispõe de uma área total de 21.165,24 km² e uma população estimada de 387.992 habitantes, tendo, portanto, uma densidade demográfica de 18,33 habitantes por km².

Tabela 1 – Microrregião Meia Ponte, Goiás: Dados socioeconômicos, 2014

Municípios	Área (KM ²)	População Est 2014	Urbana	Rural	PIB (1000) - 2011	IDHM 2010
Água Limpa	452,858	2007	70,83%	29,17%	24.790	0,722
Aloândia	102,16	2084	86,30%	13,70%	17.409	0,697
Bom Jesus de Goiás	1405,119	22872	92,89%	7,11%	283.611	0,701
Buriti Alegre	895,456	9431	92,91%	7,09%	141.374	0,710
Cachoeira Dourada	521,134	8399	64,93%	35,07%	338.236	0,698
Caldas Novas	1595,965	79705	96,07%	3,93%	790.987	0,733
Cromínia	364,105	3622	75,25%	24,75%	36.729	0,706
Goiatuba	2475,112	33902	92,16%	7,84%	708.513	0,725
Inaciolândia	688,404	6023	84,50%	15,50%	78.616	0,692
Itumbiara	2462,93	99526	95,76%	4,24%	2.151.447	0,752
Joviânia	445,487	7398	90,91%	9,09%	82.714	0,706
Mairipotaba	467,428	2433	66,15%	33,85%	29.754	0,745
Marzagão	222,428	2184	87,07%	12,93%	21.822	0,699
Morrinhos	2846,198	44204	86,73%	13,27%	634.495	0,734
Panamá	433,761	2728	76,05%	23,95%	49.950	0,686
Piracanjuba	2405,12	24768	73,04%	26,96%	362.218	0,721
Pontalina	1436,954	17811	81,17%	18,83%	172.800	0,687
Porteirão	603,941	3624	87,51%	12,49%	144.555	0,684
Professor Jamil	347,465	3390	69,76%	30,24%	23.559	0,684
Rio Quente	255,961	3828	85,71%	14,29%	49.452	0,731
Vicentinópolis	737,255	8053	73,03%	26,97%	135.125	0,684

Fonte: IBGE, 2015.

Organização: PEDROSO, L. B., 2017.

A região insere-se no Estado de Goiás, região Centro-Oeste do País, caracterizada pelo potencial de desenvolvimento constatado a partir da década de 1950, com a mudança da Capital Federal para a região do Planalto Central. A área total da microrregião é de 21.165,24 km², sendo o município de Morrinhos o de maior unidade territorial, com 2.846,19 km², o que equivale a 13,4% da área da microrregião. Somando-se a área municipal do referido município com o de Buriti Alegre, tem-se 3.741,64 km², ou 17,6% do total regional. Tais valores representam a notoriedade da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia para os municípios citados e para toda a região. Ressalta-se que a área da bacia é de 1.278,12 km², 6% da área da

Microrregião Meia Ponte. Em contrapartida, os municípios de Aloândia e Marzagão são os menores, com áreas de 102,16 km² e 222,428 km², respectivamente.

Sobre o processo de constituição histórica da região, Mattos (2002, p. 2) afirma que:

O processo de ocupação dessa porção do Estado de Goiás iniciou-se a partir da 2^a metade do século XIX através da pecuária extensiva e lavoura de subsistência. Sua ocupação foi incrementada principalmente, a partir da 2^a metade da 2^a década do século XX com a chegada da estrada de ferro oriunda de São Paulo principal centro econômico do país na época. O desenvolvimento econômico desta região, ligado principalmente à agropecuária, foi bastante dinamizado com implantação de Goiânia, atual capital do Estado de Goiás, a partir da década de 1930 e de Brasília, atual capital do país, a partir da década de 1960. [...] Nas décadas de 1970, 1980 e 1990 com o avanço da industrialização no campo, com grandes extensões do cerrado incorporadas a cultura de grãos, soja principalmente, a região apresentará um grande crescimento econômico, um acentuado crescimento populacional e um alto índice de urbanização.

A dinâmica do processo de urbanização tornou-se um aspecto relevante na região, contudo, com intensas e constantes relações cidade-campo. A população urbana atualmente é de 82,3%, enquanto a rural é de 17,7%. Todas as cidades enquadram-se na categoria de pequenas cidades.

A soma das populações dos 21 municípios inseridos na microrregião indica um total de 387.992 habitantes, dos quais, a média geral para o sexo masculino é de 50,9% e para o sexo feminino de 49,1%. Levando-se em consideração valores relacionados à educação, longevidade e renda, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM regional varia entre 0,684 e 0,752, sendo o município de Itumbiara o que apresenta o maior índice. O menor índice é representado pelos municípios de Porteirão, Professor Jamil e Vicentinópolis. Morrinhos e Buriti Alegre apresentam 0,734 e 0,710, respectivamente. O IDHM médio (regional) é de 0,709, considerado médio segundo padrão internacional desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD.

Já em relação aos dados econômicos, faz-se importante uma análise simples do PIB – Produto Interno Bruto regional, o qual, na soma de todos os municípios, responde por mais de seis bilhões de reais anuais, com destaque para o município de Itumbiara que, sozinho, teve um PIB de R\$ 2.151.447.000; cerca de 1/3 do total regional, que é de R\$ 6.278.156.000.

Segundo o Observatório do Mundo do Trabalho (2013), o setor com maior participação do PIB regional foi o de Serviços, com 48,99%. Já o setor agropecuário representou 22,29%, o que não desqualifica a notoriedade da atividade rural para os municípios do entorno. Ressalta-se que muitos destes serviços e produtos comercializados, bem como uma significativa quantidade de indústrias na região, relacionam-se com a produção de alimentos. Ainda segundo o Observatório, os municípios que apresentaram melhor PIB per capita foram Porteirão, Vicentinópolis e Goiatuba. A melhor remuneração na região concentra-se no setor da Indústria, enquanto a pior está no setor de Comércio. O setor de Serviços, além da maior participação do PIB, também foi responsável pelo maior percentual de empregos, com 45,7%.

Os dados demonstram que a região apresenta índices relativamente elevados se comparados a outras regiões do Estado de Goiás. O setor de serviços e, em especial aqueles no ramo rural, foram e são de suma importância para o desenvolvimento regional desta área.

De acordo com Abdala e Castro (2010), houve um aumento significativo de área colhida para culturas selecionadas no Estado de Goiás, com especial atenção para as culturas de soja, milho e cana-de-açúcar, o que indica também alterações nos padrões das formas de uso e ocupação do solo, bem como da possibilidade potencial de prejuízos aos ecossistemas locais em detrimento de tais atividades. Outra forma de uso do solo responsável por 42,4% da área total da microrregião em 2009, segundo os autores, são as pastagens, cujo manejo inadequado pode também ofertar riscos ambientais e impactar cursos d'água.

Todo este quadro pode ser associado ao avanço da fronteira agrícola sobre a região Centro-Oeste do Brasil nas últimas décadas, que estimulou o uso da água e, por consequência, um aumento considerável da demanda hídrica para as atividades recorrentes, normalmente no ramo da agropecuária.

2.2 Caracterização Geológica

A região sul e sudoeste do Estado de Goiás encontra-se em uma zona de ocorrência de um cinturão orogênico neoproterozóico, denominado de Faixa Brasília, que estende-se do sul de Minas Gerais até o Tocantins, cortando grande parte do

Estado de Goiás, sendo resultado da convergência dos Cráticos Amazônico a oeste, São Francisco a leste e Paranapanema a sul (NAVARRO, ZANARDO, CONCEIÇÃO, 2013).

Neste sentido, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia encontra-se em uma área de transição de distintas feições geológicas, das quais, se constata o Grupo Araxá, unidade tectono-metamórfica da porção interna da Faixa Brasília (COSTA, 2008), que inicia-se por uma sequência de gnaisses sobrepostos por uma sequência de rochas de caráter *flyschoides* de muscovita e biotita xistos de caráter feldspático e granadíferos (FUCK, MARINI, 1981; COSTA, 2008). Na região em si, apresenta rochas de caráter xistoso, como xisto, clorita xisto e muscovita/biotita xisto.

Intercalando-se com o Grupo Araxá, encontra-se uma sequência intrusiva de rochas maficas e ultramáficas constituídas por serpentinitos e talco xisto. Segundo Costa (2008), tais corpos têm sido interpretados pela maioria dos autores como representantes de basaltos toleíticos gerados em dorsais meso-oceânicas, cujas dimensões podem ultrapassar centenas de metros quadrados.

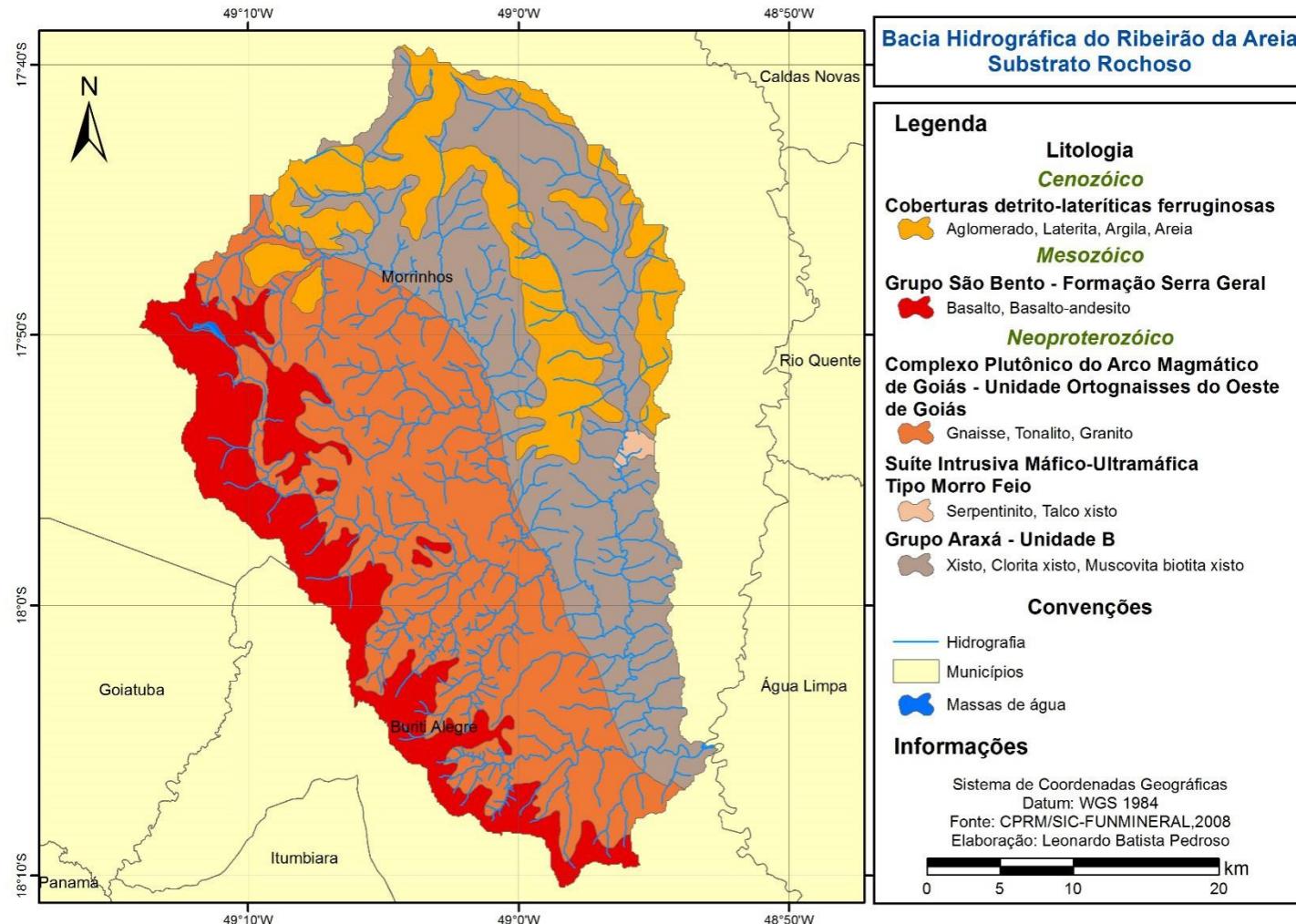
Os afloramentos do Grupo Araxá – Unidade B supracitados limitam-se também com rochas do Arco Magmático de Goiás, constituído por terrenos ortognaisses, originados de rochas plutônicas de origem intraoceânicas e cordilherianas, e granitos associados às sequências metavulcanossedimentares. Ao longo de sua extensão, ocorrem também corpos intrusivos de composição granítica (NAVARRO, 2006).

O Arco Magmático de Goiás, Unidade Ortognaisses do oeste de Goiás, explicitada anteriormente é sobreposto no limite oeste da bacia, por corpos basálticos e basalto-andesíticos da Formação Serra Geral, Grupo São Bento, originados por derramamentos vulcânicos datados do Mesozóico.

Constata-se também a ocorrência de rochas sedimentares cenozoicas de composição detrito-lateríticas ferruginosas, como lateritas, argila e areia. Caracterizadas pela presença de latossolos vermelhos de textura arenoso-argilosa com grande concentração de hidróxido de ferro (NAVARRO, 2006).

A espacialização da litologia local é melhor apreendida mediante análise do mapa de substrato rochoso, conforme Mapa 2.

Mapa 2 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Mapa do Substrato Rochoso



Fonte: CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

O mapa demonstra que grande parte da porção leste da bacia concentra-se sobre o substrato rochoso do Grupo Araxá, em rochas xistosas, tendo, grande parte das nascentes, em áreas sedimentares de textura areno-argilosas em altitudes mais elevadas na região. Na porção oeste, grande parte dos cursos assentam-se sobre gnaisses e granitos do Arco Magmático de Goiás, tendo, parte de suas nascentes nesta formação e também em áreas mais elevadas onde houve sobreposição por derramamento basáltico da Formação Serra Geral.

2.3 Caracterização Geomorfológica

A análise da modelagem do relevo relaciona-se com a atuação de processos endogenéticos e constituição geológica, bem como para com a conjuntura dos fenômenos associados à oscilação paleoclimática, onde é possível identificar a variação de processos de intemperismo de diferentes ordens atuantes em uma determinada região.

A relação processo-forma na modelagem do relevo depende veemente da constituição litológica, isto é, da morfoestrutura do relevo, correspondente ao Unidades Morfoestruturais (1º táxon) conforme metodologia de Ross (1992). No caso específico de Goiás, associa-se aos escudos antigos associados aos dobramentos arqueanos e proterozóicos, como o Maciço Goiano e as faixas tectônicas brasilianas.

Em relação à Unidade Morfoescultural, relaciona-se à compartimentação do relevo a eventos climáticos atuais e/ou do passado. Casseti (2005) afirma que os processos morfogenéticos associados ao aplainamento da região Centro-Oeste do Brasil estão relacionados aos climas secos do Terciário Médio.

No terceiro nível – Unidades Morfológicas –, cuja metodologia adotada pelo IBGE (2009) é denominada de Unidade Geomorfológica, apresenta variações da compartimentação em uma mesma unidade, sendo o Planalto Central de Goiano o foco desta abordagem. Trata-se de um dos mais importantes e salientes blocos do maciço antigo do território brasileiro, com dobramentos e rejuvenescimentos Brasilianos do complexo estrutural datado do pré-cambriano. Apresenta grande diversidade de rochas metamórficas, diferentes formas de relevo e altimetria que varia entre 400 e 1200 metros (NASCIMENTO, 2001).

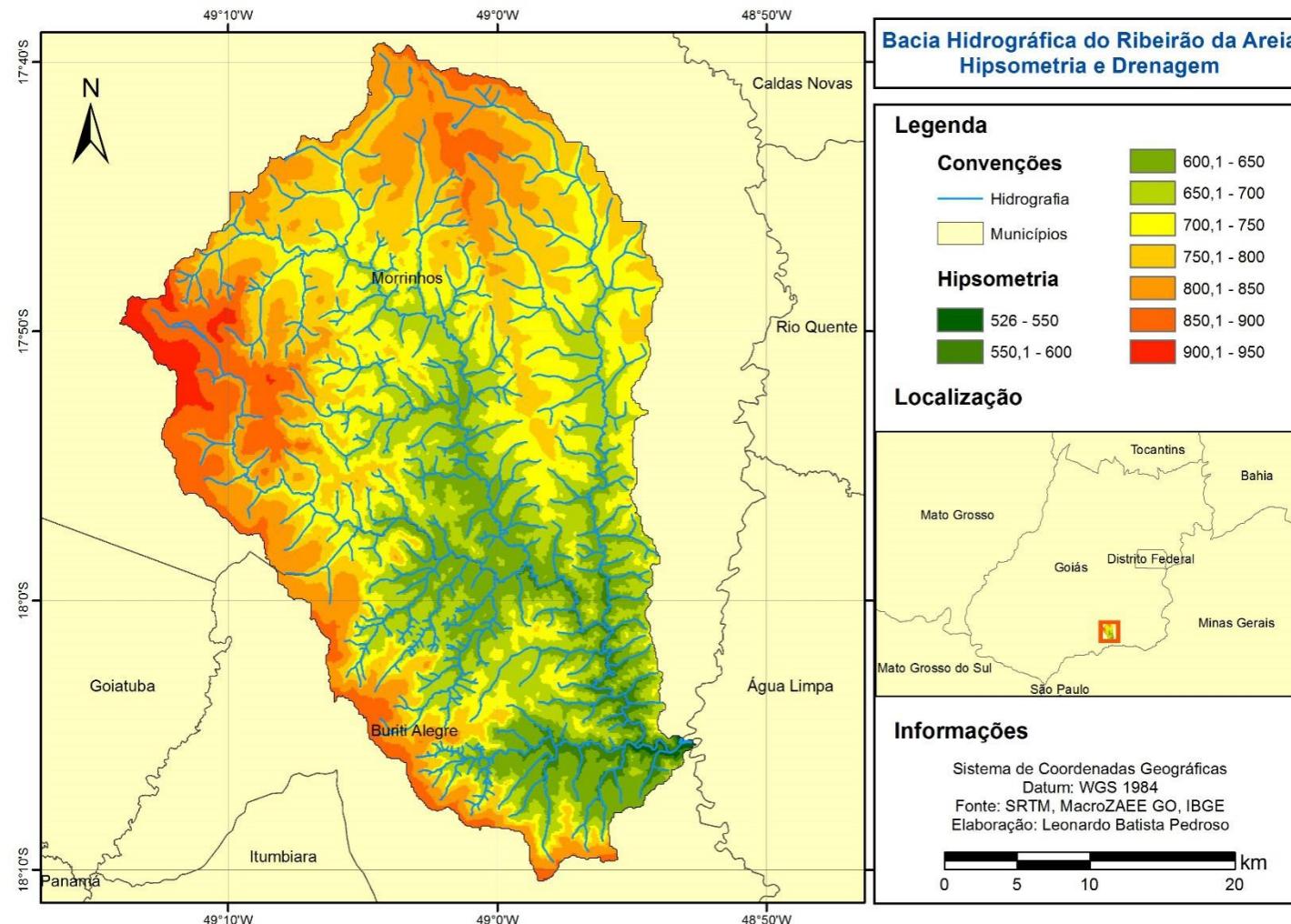
A subunidade deste grupo a qual se enquadra a região da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia é o Planalto Rebaixado de Goiânia, cuja característica principal é presença de um vasto planalto dissecado, com variações altimétricas entre 650 e 850 metros de altitude. Coalesce com as unidades Depressões Intermontanas e com a parte mais baixa Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (NASCIMENTO, 2001). A unidade Planalto Rebaixado de Goiânia apresenta o Rio Paranaíba como principal bacia hidrográfica, tendo afluentes como Corumbá, Meia Ponte, dos Bois, Turvo e Piracanjuba (onde deságua o Ribeirão da Areia, cuja variação altimétrica se verifica no mapa hipsométrico a seguir).

A geomorfologia da bacia do Ribeirão da Areia apresenta dois grupos oriundos de processos mais atuantes nas zonas, sendo eles a superfície regional de aplainamento e a zona de erosão recuante, com subdivisões, cuja classificação geomorfológica de Goiás (2005) aponta superfícies de aplainamento e zonas de erosão recuante, com diferentes intensidades.

A classificação se ramifica em: Superfície Regional de Aplainamento IIA com cotas entre 900 e 1100 m (SRAIIA - m), com dissecação media, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas; Zona de Erosão Recuante com dissecação muito forte (ZER/IIA - mfo), erosionando dominamente a SRAIIA; Superfície Regional de Aplainamento IIA com cotas entre 900 e 1100 m (SRAIIA - fr), com dissecação fraca, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas; Superfície Regional de Aplainamento IIA com cotas entre 900 e 1100 m (SRAIIA - m), com dissecação media, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas; Superfície Regional de Aplainamento IIB com cotas entre 800 e 1000 m (SRAIIB-RT - fr), com dissecação fraca e associada a relevos tabulares na Bacia do Paraná; e Zona de Erosão Recuante com dissecação forte (ZER/IIA - fo), erosionando dominamente a SRAIIA.

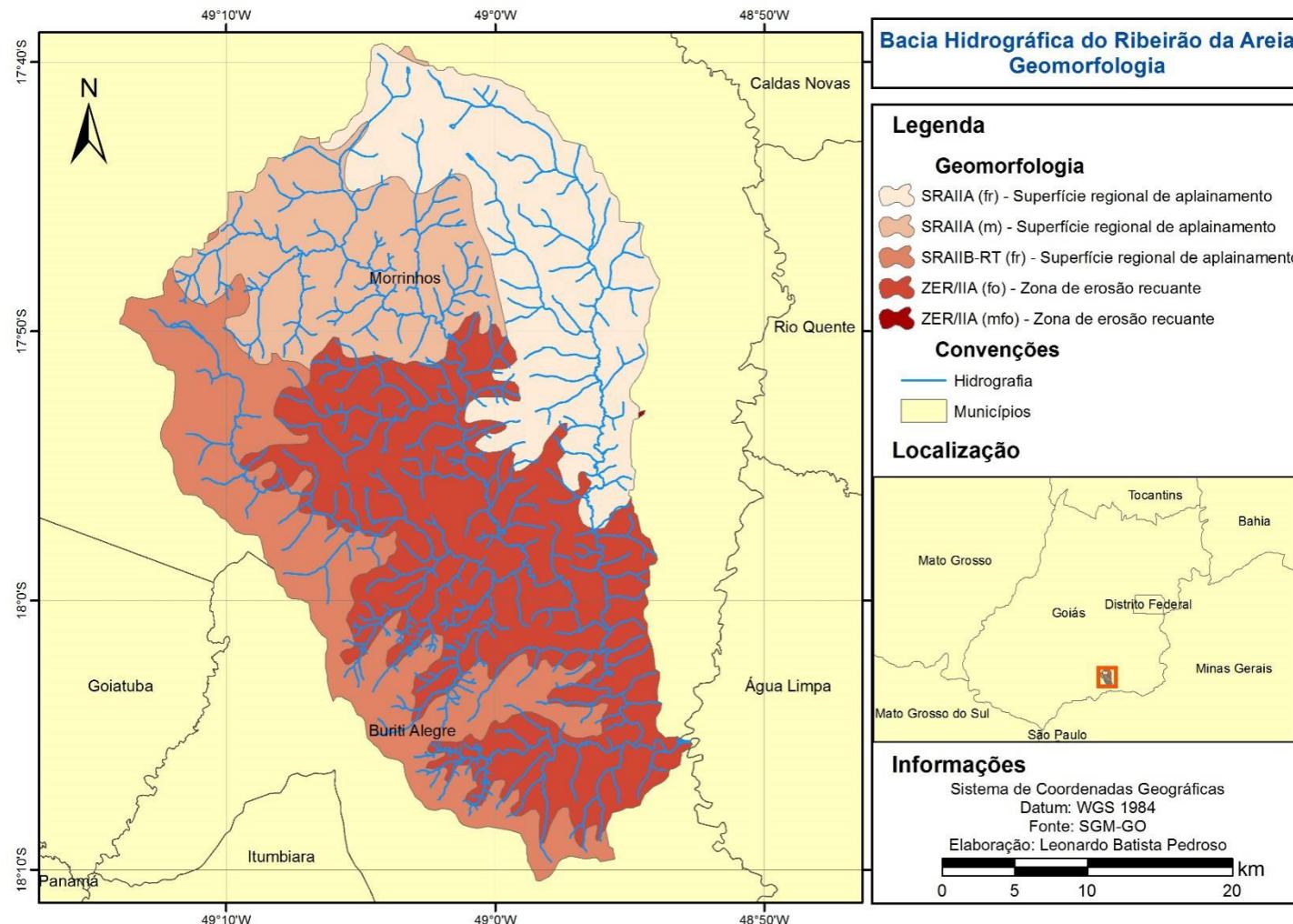
A espacialização destes padrões se verifica no Mapa 4, assim como a hipsometria pode ser observada no Mapa 3.

Mapa 3 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Hipsometria e Drenagem



Fonte: SRTM, 2000; MacroZAE GO, 2009; IBGE, 2010.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Mapa 4 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Geomorfologia



Fonte: SGM-GO, 2005.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

A metodologia do Estado de Goiás para a respectiva classificação leva em consideração a classificação por sistemas agradacionais e denudacionais, empregada também em outros Estados. No caso da bacia, predominam sistemas denudacionais, onde o mais expressivo é ZER/IIA (fo), com uma área total de 472,95km² na bacia, enquanto o ZER/IIA (mfo) é o menos expressivo, com 0,11km².

2.4 Caracterização Pedológica

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia apresenta três classes de solos, sendo elas o cambissolo, latossolo e podzólico, conforme distribuição no Mapa 6, disposto a seguir. Os dois latossolos encontrados são o vermelho-escuro distrófico e o roxo distrófico, ambos associados à cobertura detritíco laterítica assentada sobre micaxistos do Grupo Araxá, ambos favoráveis ao desenvolvimento de espécies nativas do cerrado na região.

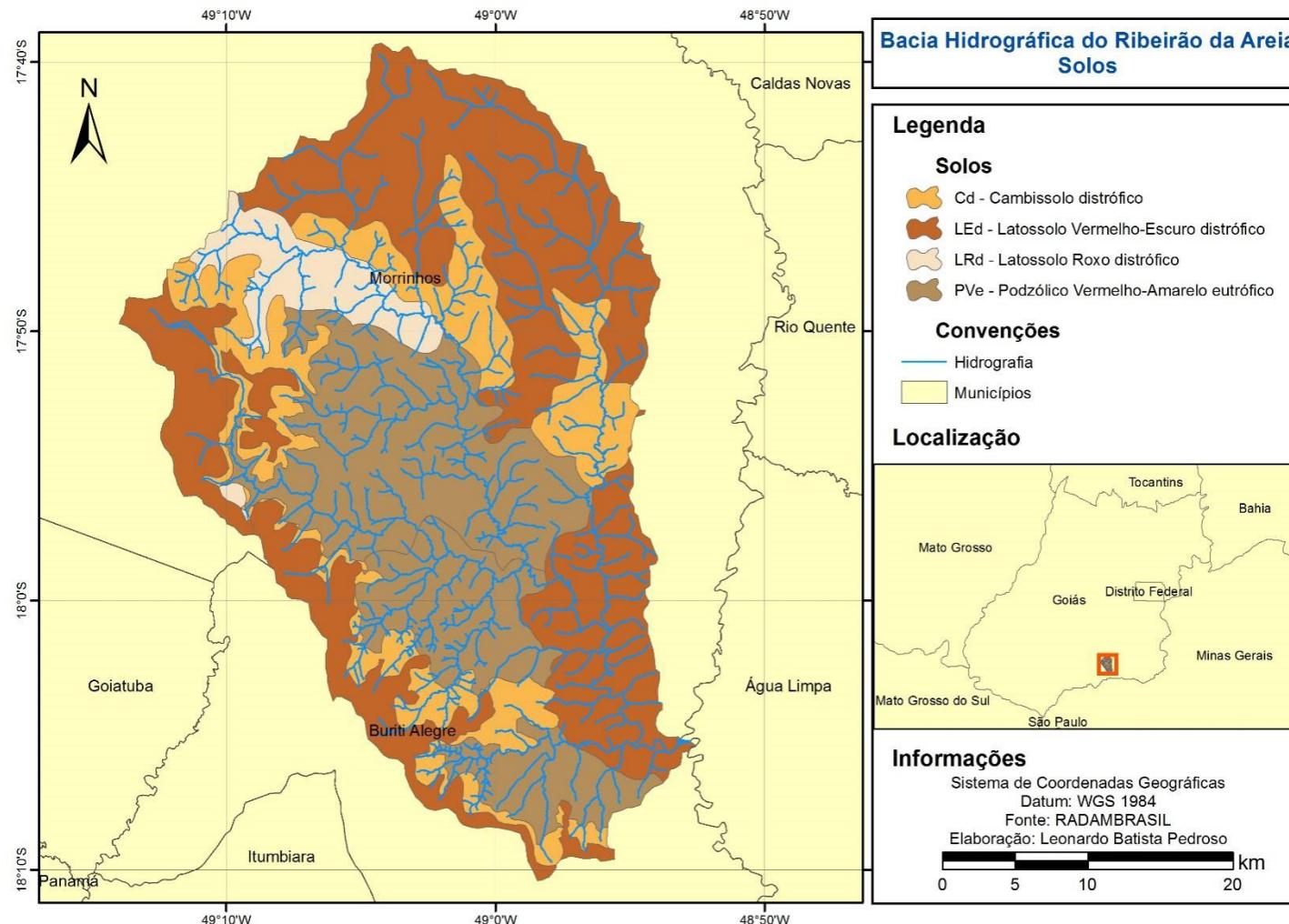
Os latossolos são solos que normalmente apresentam o horizonte B bem desenvolvido, com avançados estágios de intemperização, evidenciados pela alteração quase completa de minerais primários presentes. Apresentam espessura mínima de 50cm no horizonte B, com textura franco-arenosa e frações de silte maiores que as de argila (EMBRAPA, 2006).

A lixiviação de suas bases se deu de maneira intensa, formando, como consequência, minerais secundários como a caulinita e a retenção de óxidos, acidificando o meio (RESENDE et al., 2007). Suas características são indicadoras de solos extremamente bem drenados.

Nos latossolos, os agregados são muito compactos e estáveis, e estão arranjados de modo tal que deixam entre eles um grande espaço poroso, o que proporciona uma alta permeabilidade, mesmo quando são muito argilosos. A maioria dos latossolos é muito pobre em nutrientes para os vegetais; grande parte deles pode estar “em trânsito” nos tecidos vegetais da sua vegetação natural. Quando em regiões com longa estação seca, comumente estão sob vegetação pouco densa, com arbustos de tronco tortuoso, conhecida como cerrado ou “savanas edáficas” (LEPSCH, 2011).

O Mapa 5, disposto a seguir, apresenta a caracterização pedológica da área.

Mapa 5 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Solos



Fonte: RADAMBRASIL, 1983.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Sua localização próxima ao interflúvio da bacia, ou seja, nas áreas de maior altimetria e com relevo mais movimentado, traz indícios de inversão de relevo, pois, atualmente, essas condições não são propícias ao seu desenvolvimento.

Os cambissolos possuem pedogênese pouco avançada, em que não houve atuação marcante de um processo pedogenético específico. Estes são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente, o qual sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais, possui ausência da estrutura original da rocha em 50% ou mais de seu volume e textura francoarenosa ou mais fina (EMBRAPA, 2013).

Os perfis mais típicos dos Cambissolos ocorrem em áreas de relevo acidentado, são pouco profundos e possuem discreta variação de textura, quantidades relativamente elevadas de minerais primários facilmente intemperizáveis e frequentes fragmentos de rocha (LEPSCH, 2011).

Uma grande parte dos cambissolos está sob vegetação natural, pois se localiza em áreas acidentadas de difícil manejo. Outros encontram-se sob uma grande variedade de usos agrícolas; contudo, a pouca espessura do solo, a pedregosidade e a baixa saturação por bases colocam restrições para a agricultura. Em áreas com declives mais acentuados, muitos são utilizados para pastagens.

Os solos que possuem esse horizonte ocupam, geralmente, as partes jovens da paisagem. Assim, nota-se que essa classe encontra-se em altitudes médias (conforme se atesta no mapa da hipsometria) e em área de transição entre os compartimentos geomorfológicos. Este fato pode demonstrar uma inversão no relevo, em que os latossolos tendem a se desgastar por processos erosivos e perder as características que anteriormente o classificariam como tal, inserindo-se na classe dos cambissolos. Na porção central e leste da bacia, encontra-se assentado sobre xistos e na porção oeste sobre gnaisses.

Conforme EMBRAPA (2013), na classe dos argissolos estão inclusos solos classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo. São solos de evolução avançada, com evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B (B textural). O Podzólico Vermelho-Amarelo é o solo com B textural mais comum no Brasil. Conforme Lepsch (2011), depois dos latossolos, os argissolos

constituem a ordem mais extensa no Brasil e talvez mais heterogênea no sentido das condições em que ocorre e suas características.

A vegetação natural mais encontrada nos argissolos é a de florestas. Boa parte destes solos se prestam para a agricultura, desde que não estejam situados em relevos com encostas muito declivosas, uma vez que nessas condições, são muito susceptíveis a erosão hídrica devido a essa diferença textural entre os horizontes A ou E e B (LEPSCH, 2011).

Eles formam uma classe bastante heterogênea e compreendem muitos solos intermediários para outras ordens, principalmente os latossolos, com os quais muitos ocorrem associados, uma vez que também se desenvolvem em condições de um ambiente tropical úmido.

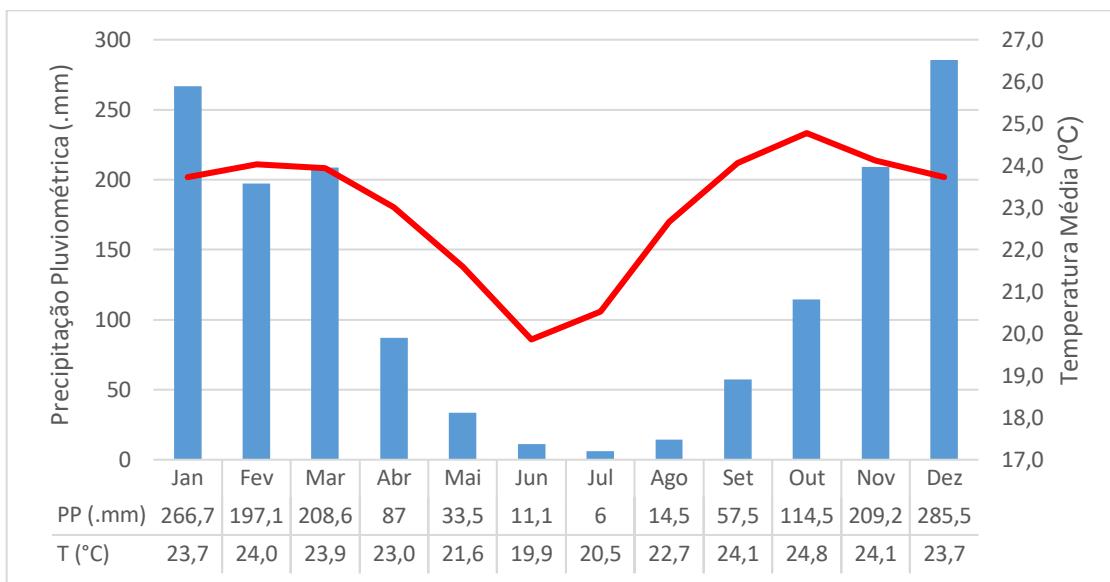
2.5 Caracterização Climática

A caracterização climática, contempla-se enquanto uma ferramenta de especial importância, na medida em que possibilita a apreensão da realidade do quadro climático regional, o que permite o delineamento de diretrizes de planejamento e gestão de atividades econômicas locais, assegurando produtividade e qualidade ambiental dos recursos (OLIVEIRA, 2009). No recorte dos municípios, essa caracterização também se faz essencial, na medida em que um dos maiores impactos sobre o clima é gerado nas cidades (MENDES, 2001).

Com base na escala taxonômica de Ayoade (1996), no campo da mesoclimatologia; e também na ordem de grandeza de Ribeiro (1993), na perspectiva do clima regional, as condições climáticas que se restringem à Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, permitem caracterizar o clima da bacia conforme aspectos regionais, uma vez que dispõe de uma área total de 1.266,82 km².

Conforme a classificação de Köppen-Geiger e com base nos dados do INMET, o clima de Morrinhos e por consequência da bacia, pode ser classificado como “Aw” – tropical quente e úmido, com chuvas mais concentradas no verão, tendo o inverno como um período de estiagem e temperaturas mais brandas, conforme se observa no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Morrinhos, Goiás: Climograma local (médias no período 1973-2015)



Fonte: INMET, 1973-2015.

A precipitação pluviométrica anual para a região varia entre 1300 e 1600 mm, tendo a média computada entre o período de 1973 e 2015 com 1489,5 mm. O período chuvoso corresponde ao intervalo entre os meses de outubro a março, estando todos com médias superiores a 100 mm mensais. O trimestre chuvoso corresponde aos meses de novembro, dezembro e janeiro, cujas médias somadas ultrapassam 760 mm, mais que a metade do total anual. Em contrapartida, os meses entre abril e setembro correspondem ao período de estiagem, sendo junho, julho e agosto o trimestre seco, cuja soma das médias corresponde a cerca de 31,6 mm. Tem-se uma média de 116 dias com chuva por ano, sendo os meses de dezembro, janeiro e março com maior número, apresentando 20, 19 e 16 dias, respectivamente.

Os eventos pluviométricos locais estão associados a alguns sistemas que atuam na região, como a ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul, caracterizado por um intenso processo de deslocamento de umidade na baixa troposfera durante o verão, no sentido noroeste–sudeste. É observado a partir da movimentação da nebulosidade e das chuvas oriundas da região da Amazônia brasileira rumo à região Sudeste, podendo alcançar o Oceano Atlântico, em sua porção subtropical. Esse fenômeno, por si só, é o que ocasiona o início das chuvas na segunda quinzena de outubro, convencionando a característica de grandes alturas pluviométricas durante o verão no Centro-Oeste e Sudeste brasileiro (NOVAIS, 2011; CAVALCANTI et al., 2009).

O padrão deste sistema está associado ao sistema convectivo da Amazônia, responsável também pela atividade convectiva na porção central do Brasil. Em consonância com as ZCAS, constata-se também a existência de um sistema de origem no flanco oriental dos Andes, que flui para latitudes subtropicais, denominados de JST – Jatos Subtropicais. A associação entre os dois sistemas contribui de forma significativa para o surgimento de tempestades e fortes convecções na região central do Brasil (MARENGO et al., 2004; LIEBMANN, MECHOSO, 2011).

A temperatura média regional, por sua vez, corresponde à estimativa por método de regressão múltipla linear calibrado para a respectiva região. As oscilações acompanham a variação do regime pluviométrico. Ou seja, nos períodos chuvosos, as temperaturas médias são mais elevadas e, nos períodos de estiagem, as temperaturas são mais baixas. A temperatura média oscila entre 19,9°C e 24,8°C. Desta forma, pode-se inferir duas estações bem definidas: um verão quente e chuvoso, e um inverno seco e ameno.

2.6 Caracterização Hidrográfica

A bacia hidrográfica, definida e delimitada topograficamente como uma área que drena água para seu interior, tendo seus limites denominados de divisores de água, como discutido em itens anteriores, é uma unidade de planejamento de suma importância.

Para compreender melhor a formatação de uma bacia, é necessário compreender diferentes fatores que se relacionam em um sistema ambiental, estejam eles relacionados a aspectos de solo, vegetação, geologia e relevo, bem como climáticos e hidrológicos. Reconhece-se também a importância da influência antrópica sobre as bacias, de modo a identificar potenciais efeitos negativos decorrentes das distintas formas de uso e ocupação das mesmas.

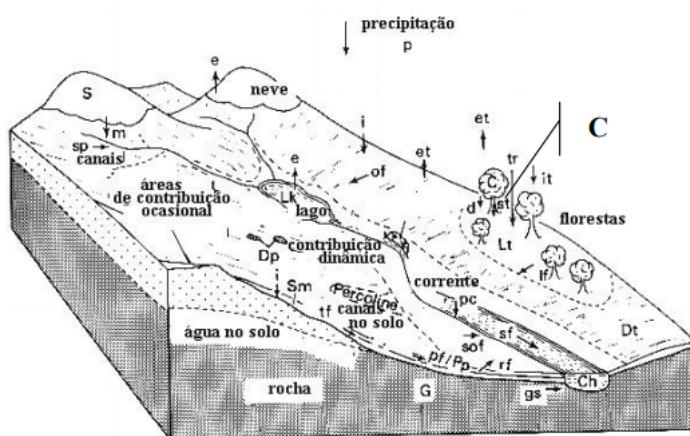
A bacia pode apresentar diferentes tamanhos, algumas apresentando milhões de quilômetros como a grande bacia do Amazonas, outras, de tamanho bem menos representativo (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004), como as bacias presentes no sistema da bacia do Ribeirão da Areia.

Por apresentarem grande complexidade, é necessária a tipificação e/ou adoção de padrões que facilitam seu estudo. Um padrão de grande relevância adotado em estudos do segmento é a classificação da rede de drenagem das bacias, que visa estabelecer níveis de importância a partir da definição de cursos d'água maiores e seus respectivos afluentes, até se chegar ao curso principal. Toda bacia finda em seu respectivo exutório, isto é, a principal saída de água do principal curso d'água da mesma.

O desmembramento de cursos menores facilita a delimitação de bacias menores, entendidas como sub-bacias, também de grande importância para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que visam o manejo dos solos de das águas.

Por se tratar de um sistema, prevê a entrada e saída de água, por meio de mecanismos como – e dentre outros – a precipitação e o escoamento, respectivamente. A distribuição temporal entre o volume de entrada e saída de água da bacia (Figura 1) é o que caracteriza a resposta hidrológica. Diferentes formas de uso e ocupação na área de uma bacia podem interferir negativamente na resposta hidrológica, podendo ocasionar desequilíbrios ambientais e prejuízos ao meio.

Figura 1 – Sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica; processos e fluxos¹



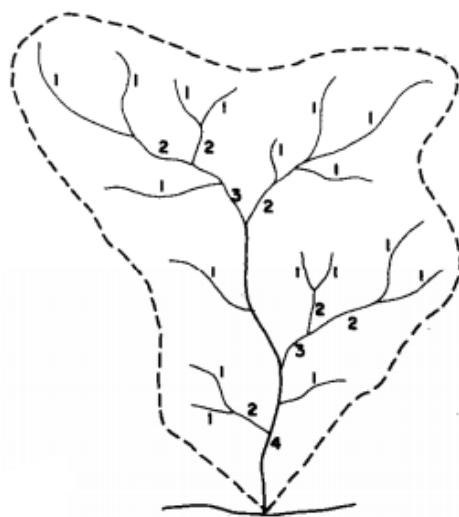
Fonte: CARRIELLO, 2004, modificada de JONES, 1999.

¹ Nota da Figura: Sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica: Estoque: C, dossel; Ch, canal; Dp, depressão; Dt, detenção de superfície; G, água subterrânea; Lk, lagos; Lt, lитеira; Pp, canais; S, neve e gelo; Sm, umidade do solo. Processos e fluxos: d, precipitação da copa; e, evaporação; et, evapotranspiração; gs, infiltração do subssolo; i, infiltração; it, interceptação; If, fluxo de lитеira; m, derretimento de neve e gelo; of, fluxo superficial; p, precipitação; pf, fluxo em canais; rf, fluxo de retorno; sf, fluxo de corrente; sof, fluxo superficial de retorno; sp, fluxo de nascente; st, fluxo de caule; tr, fluxo através da copa, áreas contribuintes para o runoff (CARRIELLO, 2004).

A quantificação de elementos como o fluxo de água subterrânea, o escoamento superficial e a infiltração (apresentados na figura anterior) e toda a morfometria da drenagem são algumas das atribuições da hidrologia e da geomorfologia fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980). A quantidade de água que atinge os cursos d'água, desta forma, depende, além destes fatores, do tamanho da bacia e da precipitação pluviométrica total incidida sobre ela.

Outro elemento importante de análise morfométrica de uma bacia é a hierarquia fluvial, que corresponde a ordenação de canais fluviais dentro de uma bacia hidrográfica. Um dos métodos mais utilizados é de Strahler (1952), cujos canais de primeira ordem são aqueles que não apresentam tributários e, apresentando em suas cabeceiras nascentes. Os canais de segunda ordem resultam da confluência (encontro) entre dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente. Quando canais de diferentes ordens se confluem, prevalece o de maior ordem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 2 – Representação da hierarquização da drenagem conforme Strahler (1952)



Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980.

A classificação proposta por Strahler permite a melhoria no trabalho dos dados de morfometria de uma bacia, identificando cursos d'água mais significativos em termos de número de tributários e, indiretamente, outros elementos como a vazão. Em

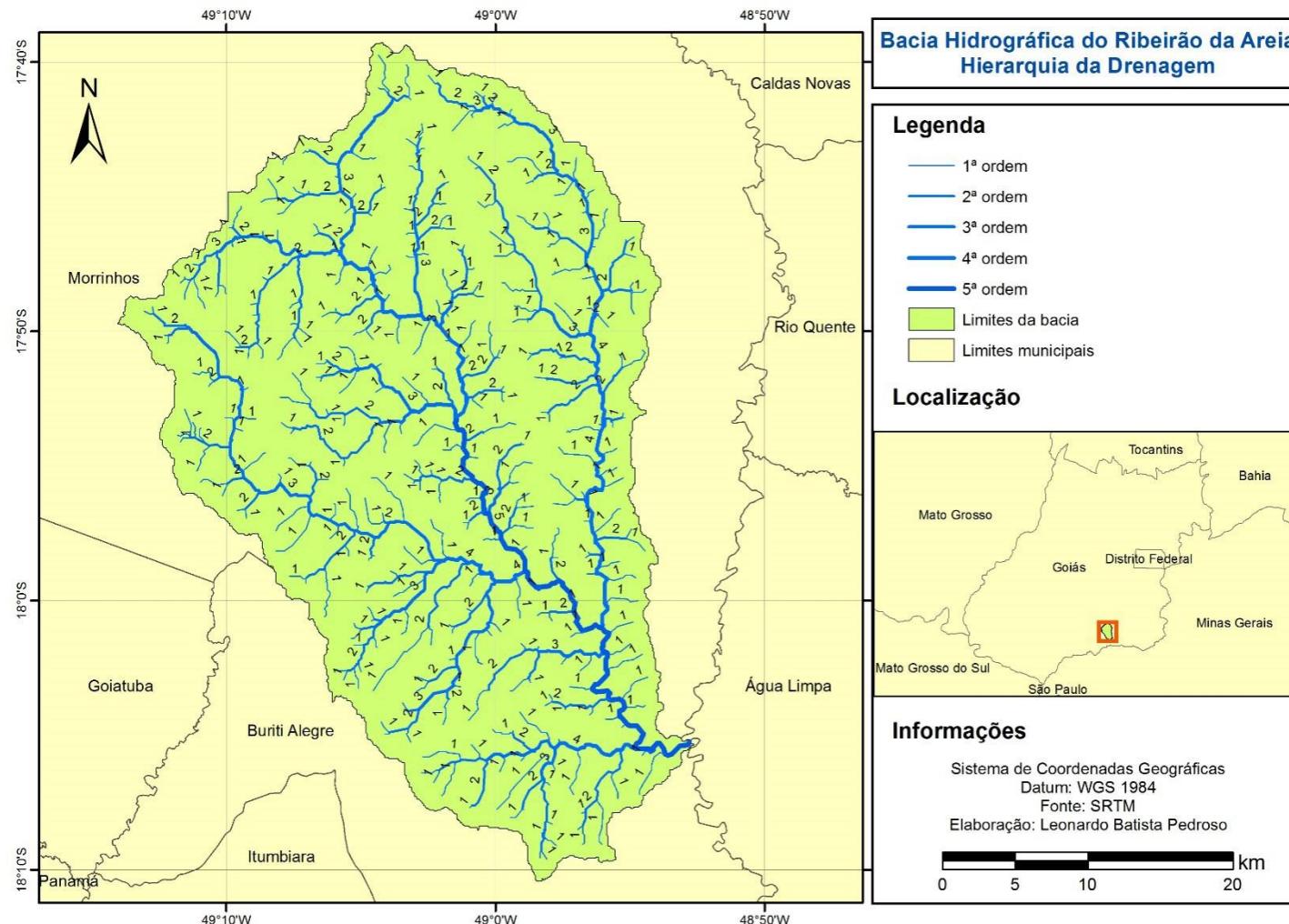
relação à bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, a hierarquização se apresenta conforme Mapa 6.

A classificação aponta que o Ribeirão da Areia é o curso de 5^a ordem. Há também a presença de três tributários de 4^a ordem: Ribeirão das Araras, Ribeirão Mimoso e Ribeirão do Barreiro, estando este último inserido predominantemente no município de Buriti Alegre.

A maior parte dos cursos d'água correm sentido norte-sul, com leve tendência para sudeste. O Ribeirão das Araras (situado a leste da bacia) encontra-se com o Ribeirão da Areia nas proximidades de seu baixo curso. O Ribeirão do Mimoso (situado a oeste), por sua vez, encontra-se com o Areia em seu médio curso. O Ribeirão do Barreiro (ao sul) fará a interseção também em seu baixo curso.

O Ribeirão da Areia desagua no Rio Piracanjuba, afluente do Rio Corumbá, braço importante do Rio Paranaíba.

Mapa 6 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Hierarquia da drenagem conforme Strahler (1952)



Fonte: SRTM, 2000.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

2.7 Uso do Solo

O uso do solo na área total da bacia destaca-se pela área ocupada para atividades agropecuárias. Do total de 1.278,12 km² da bacia, as áreas de pastagem respondem por 714,49 km², o que equivale a 55,90% da bacia, e as de agricultura por 461,47km², correspondente a 36,11%.

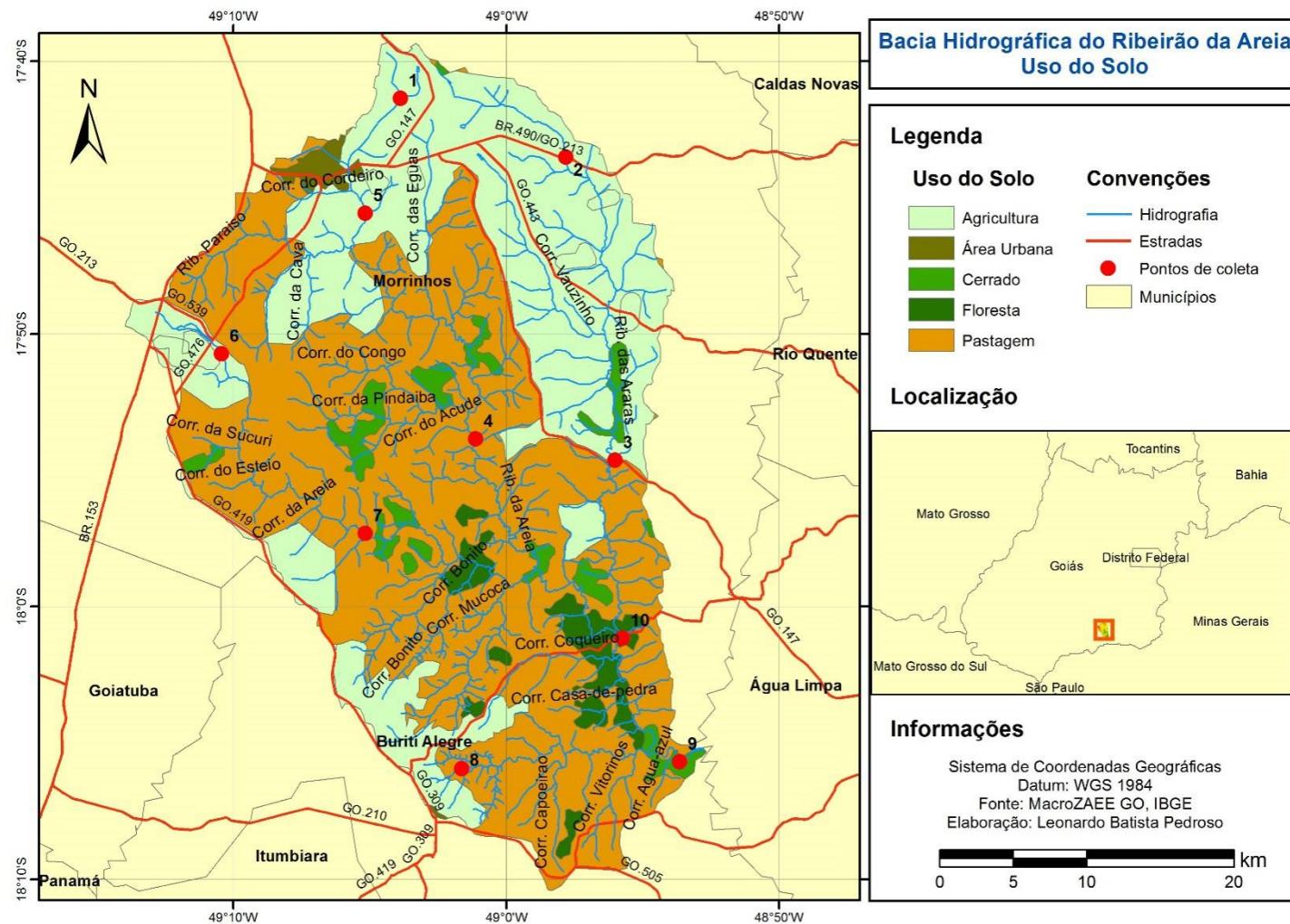
A vegetação de cerrado encontrada na área, segundo o Macrozoneamento promovido pelo Estado de Goiás, pode ser subdividida nas categorias: savana arborizada com e sem floresta de galeria, savana arborizada com floresta estacional decidual submontana e semidecidual submontana. Tais fitofisionomias somadas representam 3,98% da área da bacia, com uma área total de 50,84 km².

As demais áreas de vegetação remanescente enquadram-se na categoria floresta, com as duas subdivisões: floresta estacional semidecidual montana e floresta estacional semidecidual submontana. Somadas, representam 3,18% da área da bacia, com 40,71 km².

De todas as categorias, a área urbana é a menos expressiva na totalidade da bacia, representando apenas 0,83% da área, com 10,6 km² calculados, estando a maior parte concentrada ao norte da bacia, região onde se encontra eixos de cruzamentos de rodovias locais e a BR-153.

O mapa a seguir apresenta a síntese dessa categorização do uso e ocupação na bacia. Aspectos da relação da forma de uso e ocupação com as áreas de preservação serão apresentados nos capítulos em sequência.

Mapa 7 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Uso do Solo



Fonte: MacroZÁE (GOIÁS), 2009; IBGE, 2010.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao longo de toda a pesquisa, realizou-se a revisão da bibliografia acerca da temática de recursos hídricos e qualidade das águas, de forma a manter a estrutura conceitual e o arcabouço teórico e técnico do trabalho. Da mesma forma, a literatura científica acerca de aspectos correlatos, como bacias hidrográficas e aspectos técnicos sobre a análise de água foi de suma importância, na medida em que o ciclo hidrológico e a manutenção dos recursos hídricos dependem, dentre outros fatores, da estabilidade e da conformidade legal destes elementos.

A revisão da legislação ambiental vigente voltada aos recursos hídricos, permitiu a compreensão do quadro legal acerca dos usos e enquadramento dos recursos hídricos, bem como a qualidade necessária para tal. Quando observado na prática, este quadro revela conflitos entre usos e usuários dos corpos hídricos, bem como aponta fragilidades no gerenciamento dos mesmos.

3.1 Levantamento e Trabalho com Dados Gerais

Foram levantados dados e informações que permitiram a caracterização do meio natural, como aspectos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e, sobretudo climatológicos e hidrológicos. Dentre estes dados, faz-se de grande relevância a caracterização do regime pluviométrico local, realizada por meio do cálculo de médias de alturas pluviométricas locais.

Tais registros foram obtidos mediante acesso ao banco de dados da Agência Nacional de Águas - ANA e no Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, respectivamente. A respectiva estação tem registro de número 01749003 na ANA, estando localizada nas coordenadas de 17°43'58" de latitude sul e 49°6'55" de longitude oeste, com altitude local de 792 m. O trabalho estatístico com dados de pluviosidade foi realizado com auxílio de software *Hidro 1.2*, onde as médias foram estipuladas, com período de amostragem que compreende o intervalo entre os anos de 1973 e 2015.

A temperatura, por sua vez, foi obtida mediante cálculo de estimativa por regressão múltipla linear (NOVAIS, 2011), baseada em dados de temperatura em estações locais, calibrada para as coordenadas e latitude locais. A estimativa foi

desenvolvida a partir de duas funções relacionadas a análise de regressão presentes no *software Excel 2013*: PROJ.LIN: regressão linear e PROJ.LOG: ajuste de curva exponencial. Elas “trabalham com pontos de coordenadas (x1, x2, x3 ... y), resolvendo diferentes sistemas lineares pelo método dos mínimos quadrados” (NOVAIS, 2011, p. 86).

Dados socioeconômicos para caracterização da microrregião onde, se insere a bacia hidrográfica, foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2015), bem como do Observatório do Mundo do Trabalho (2013).

Os dados para a caracterização do meio natural foram obtidos por leitura de material da área e também pela análise de produtos do Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás – MacroZAEE (GOIÁS, 2009).

Em relação a qualidade hídrica, os métodos serão descritos em sessão na sequência.

3.2 Geoprocessamento das Informações

Para compreender a dimensão espacial dos fenômenos, foi necessária a utilização constante de técnicas de espacialização e análise espacial, como o Geoprocessamento, que se constituiu enquanto uma ferramenta indispensável ao longo do desenvolvimento do trabalho.

O termo Geoprocessamento pode ser entendido como conjunto de técnicas de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de dados espaciais. Pode-se considerar que é uma área de conhecimento que envolve diversas disciplinas, como a Cartografia, Computação, Geografia e Estatística. Algumas das técnicas de geoprocessamento mais utilizadas são: o sensoriamento remoto, a cartografia digital, a estatística espacial e os Sistemas de Informações Geográficas. [...] (SANTOS; BARCELLOS, 2006, p. 45).

Os *softwares* utilizados no geoprocessamento dos dados, denominados de SIG's – Sistemas de Informação Geográfica permitem o cruzamento de informações de diferentes parâmetros e ordens que se pretendem trabalhar com a base espacial. O geoprocessamento de informações é uma etapa importante, permitindo, além da espacialização da caracterização do meio natural, a espacialização da qualidade da água e as formas de uso e ocupação próximas aos corpos hídricos.

Inicialmente, foram levantadas distintas bases cartográficas junto ao Sistema Estadual de Geoinformação do Estado de Goiás – SIEG-GO. Para a elaboração do mapa de substrato rochoso, foram obtidos arquivos no formato *shapefile* (camada com informações) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, das Superintendências de Indústria e Comércio – SIC e de Geologia e Mineração – SGM de Goiás e Fundo de Fomento à Mineração – FUNMINERAL, datadas de 2008.

Em relação ao mapa de solos, foram obtidas camadas relativas ao mapeamento pedológico do projeto RadamBrasil e classificados de acordo com agrupamento de classes gerais de solos. O *shapefile* (camada) de hidrografia também foi obtido mediante acesso ao SIEG, sendo a fonte responsável pela elaboração a SGM. Contudo, também foi elaborada base hidrográfica própria, a partir de técnicas aplicadas à imagem *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, apresentada em sequência.

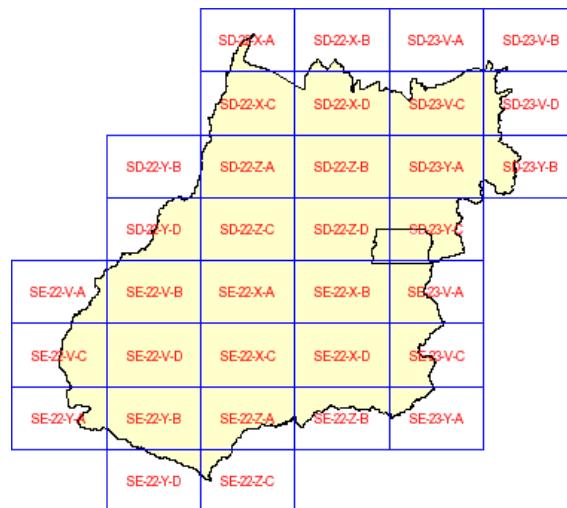
Ainda junto ao SIEG, foi obtido também a base da malha viária do Estado de Goiás, cuja fonte da informação, segundo consta no sistema, é da Agência Goiana de Transportes e Obras – AGETOP.

Para o mapa hipsométrico da bacia, foram utilizadas imagens *Interferometric Synthetic Aperture Radar* – IFSAR, programa SRTM da NASA - *National Aeronautics and Space Administration*, sendo estas compreendidas como Modelos Digitais de Elevação – MDE, com resolução espacial de 30 m, projetadas em Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS – *World Geodetic System* 1984. Essas imagens foram disponibilizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Foi necessária obtenção das folhas SE-22-X-D e SE-22-Z-D, conforme apresenta o mosaico da Figura 3.

Todo o trabalho de modelagem da bacia hidrográfica foi realizado mediante uso dos Sistemas de Informação Geográfica – SIGs *Quantum GIS* – QGis 2.8 e *ArcGIS* 10.1, versões 64 bits. As duas imagens foram acopladas (mosaico) mediante uso de ferramentas específicas dos programas. Foi instalada junto ao QGis um conjunto de trabalho de análises de dados hidrológicos e de bacias hidrográficas, com base em MDE².

² Conforme Jenson e Domingue (1988), os dados obtidos por meio do uso de modelos numéricos de terreno (como os modelos digitais de elevação) comparam-se em termos de acurácia à aqueles obtidos

Figura 3 – Mosaico de Imagens SRTM para o Estado de Goiás



Fonte: EMBRAPA, 2016.

Foi criada uma camada para delimitação da foz da bacia. Posteriormente, procedeu-se a uma série de procedimentos e uso de algoritmos do programa conforme metodologia adotada por Santos (2015).

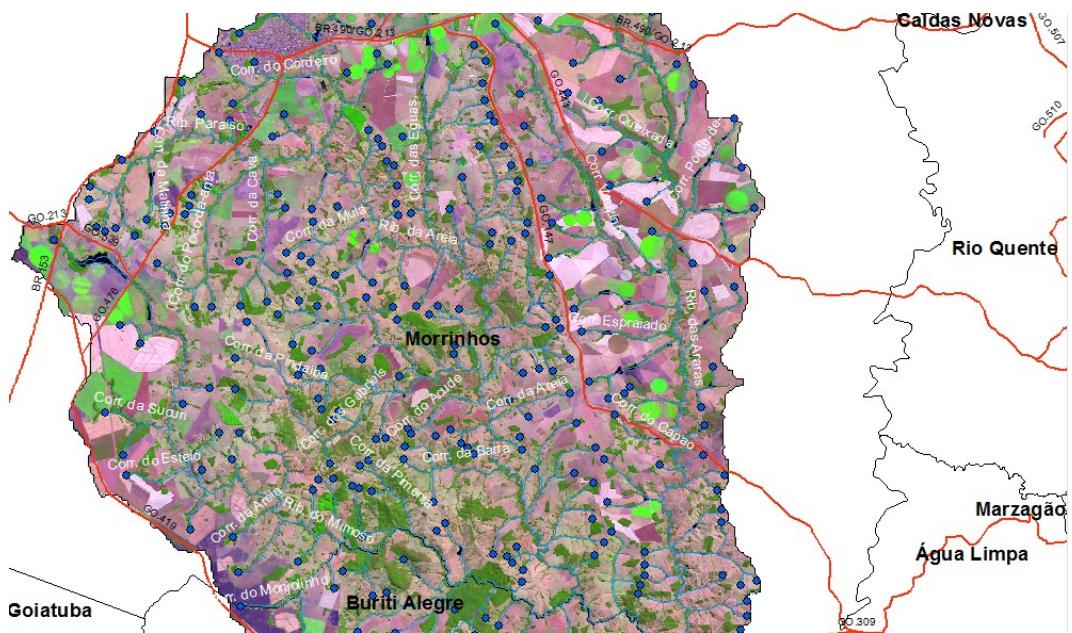
O primeiro passo foi o uso de um algoritmo que busca remover buracos presentes na imagem. Então, procedeu-se ao processamento do algoritmo responsável pela geração da direção do fluxo dos canais e também sobre a declividade. Em seguida, a delimitação da área de contribuição da bacia mediante a indicação da foz da bacia. Por fim, gerou-se o *raster* (camada matricial) da rede de drenagem local, utilizando-se do limiar (*threshold*) com valor específico para drenagens densas.

Nesta etapa, já havia sido obtida toda a área da bacia, a drenagem e grande parte dos valores e parâmetros utilizados para modelagem ambiental da mesma, restando apenas etapas e procedimentos relacionados à hierarquização da drenagem e a quantificação de parâmetros.

Essa quantificação foi realizada por meio de programação e cálculos que permitiram a identificação de informações importantes, como a extensão total dos cursos d'água de toda a rede de drenagem, bem como a identificação (com auxílio de imagens orbitais) das nascentes dos cursos d'água da bacia (Figura 4).

manualmente, cujo trabalho se caracteriza por longos períodos de tempo para o processamento de informações.

Figura 4 – Processo de delimitação das nascentes no Sistema de Informação Geográfica



Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

As imagens orbitais utilizadas na pesquisa são do satélite Landsat 8, sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), conforme parâmetros no Quadro 1.

Quadro 1 – Parâmetros das Imagens Orbitais

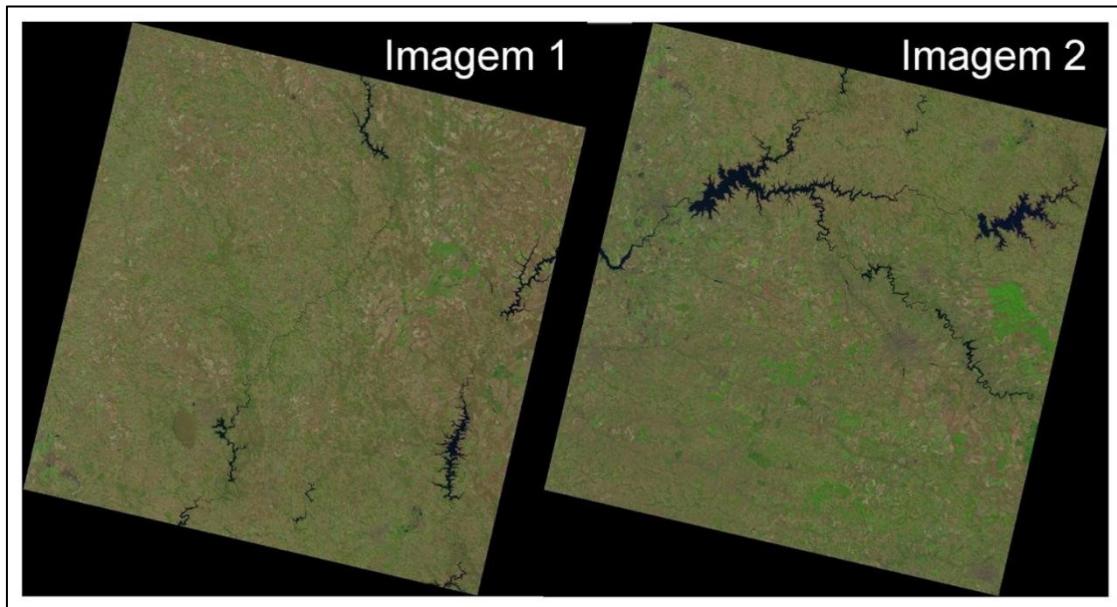
	Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3
Satélite	Landsat 8	Landsat 8	Landsat 8
Sensor	OLI e TIRS	OLI e TIRS	OLI e TIRS
Ponto	72	73	72/73
Órbita	221	221	221
Composição RGB	6R5G4B	6R5G4B	Fusão 6R5G4B + Band 8 (Panchromatic)
Resolução Espacial	30 metros	30 metros	15 metros
Resolução Radiométrica	16bits	16bits	16bits
Aquisição	04/08/2015	04/08/2015	04/08/2015
Projeção	UTM	UTM	SCG
Datum	WGS 1984	WGS 1984	WGS 1984
Tratamento	Reprojecção / Ortorretificação	Reprojecção / Ortorretificação	Reprojecção / Ortorretificação / Fusão

Fonte: USGS, 2016.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Foi necessária a aquisição de duas cenas da mesma data, mesma órbita, porém pontos distintos, uma vez que a área da bacia não se encontrava em sua totalidade em somente um ponto. Desta forma, foi realizado trabalho individual das duas imagens e, posteriormente, gerando uma terceira por meio de técnica simples de fusão (mosaico).

Figura 5 – Imagens do satélite Landsat 8 utilizadas no geoprocessamento das informações



Fonte: USGS, 2015.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Durante os trabalhos de campo, foram georreferenciados e, posteriormente, especializados os pontos de coleta das amostras de água. Foi utilizado em campo o aparelho GPS – *Global Positioning System* da marca Garmin, modelo eTrex Venture HC, disponibilizado por empréstimo pelo Instituto Federal Goiano – IFGoiano.

3.3 Levantamento de Dados da Qualidade Hídrica e Determinação do Índice de Qualidade de Água

Para obtenção dos dados de qualidade hídrica, foi necessária a utilização de técnicas de coleta e análise laboratorial. Foram coletadas amostras de água dos principais afluentes e do Ribeirão da Areia, objetivando a análise do IQA - Índice de Qualidade de Água e a presença de metais pesados. Nos locais, também foram

realizadas análises qualitativas dos corpos d'água e do ambiente ao qual se inserem como um todo.

A frequência da coleta foi definida em dois períodos, os quais representam o período de estiagem e o de chuvas para a respectiva região. A frequência foi definida no intuito de melhor representatividade dos dados e prováveis alterações provenientes da influência das chuvas e/ou do período de estiagem sobre a variabilidade de dados, como temperatura, sólidos totais, entre outros, bem como para as formas de uso e ocupação, que podem variar de acordo com estação do ano, a exemplo da produção agrícola local. Foram definidos 10 pontos de coletas, espacialmente distribuídos ao longo da bacia, de modo a representarem os alto, médio e baixo cursos dos principais afluentes do Ribeirão da Areia, bem como de pontos estratégicos, devido à proximidade para com empreendimentos instalados próximos aos mesmos.

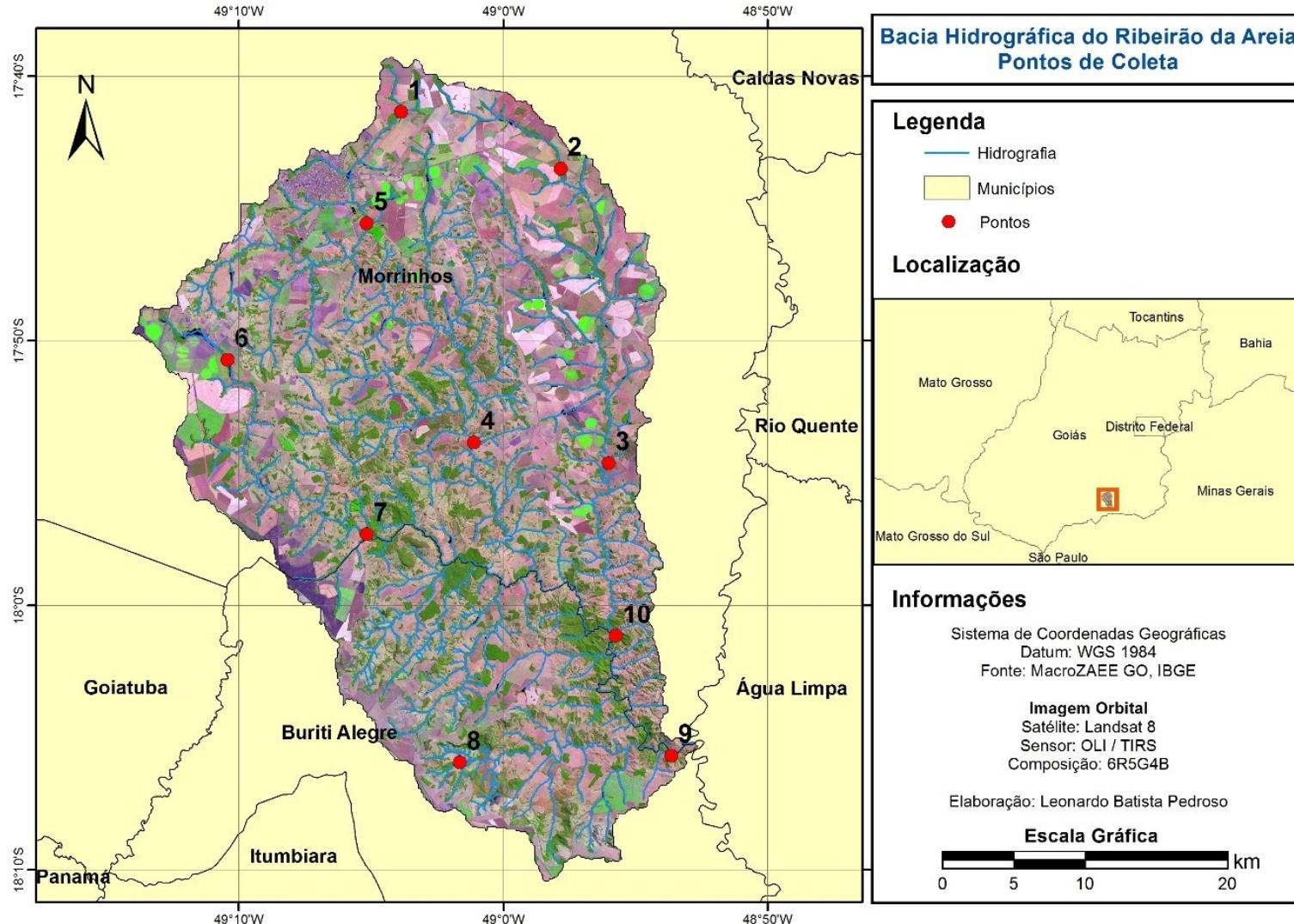
A relação e localização destes pontos é melhor apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Localização e descrição dos pontos de coleta de água e dados

Ponto	Latitude	Longitude	Altitude	Sub-Bacia	Descrição
Ponto 1	17°41'21.78"S	49° 3'52.05"O	787	Ribeirão da Areia	Alto curso; Córrego da Pipoca
Ponto 2	17°43'30.72"S	48°57'48.97"O	736	Ribeirão das Araras	Alto curso, Córrego da Samambaia
Ponto 3	17°54'38.31"S	48°56'0.55"O	642	Ribeirão das Araras	Médio curso
Ponto 4	17°53'51.53"S	49° 1'6.71"O	626	Ribeirão da Areia	Médio curso
Ponto 5	17°45'34.32"S	49° 5'9.88"O	717	Ribeirão da Areia	Trecho pós-urbano
Ponto 6	17°50'44.09"S	49°10'25.55"O	860	Ribeirão do Mimoso	Alto curso
Ponto 7	17°57'19.20"S	49° 5'9.76"O	688	Ribeirão do Mimoso	Médio curso
Ponto 8	18° 5'57.03"S	49° 1'37.92"O	668	Ribeirão do Barreiro	Alto curso
Ponto 9	18° 5'41.77"S	48°53'38.21"O	535	Ribeirão da Areia	Próximo ao exutório da bacia
Ponto 10	18° 1'9.57"S	48°55'44.64"O	579	Ribeirão da Areia	Baixo curso

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Mapa 8 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, Goiás: Pontos de coleta



Fonte: MacroZAEE (GOIÁS), 2009; IBGE, 2010; USGS, 2015.

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

3.3.1 Procedimentos e Técnicas de Amostragem de Qualidade das Águas

Antes da realização dos trabalhos de campo para coleta das amostras de água e aplicação dos protocolos de avaliação, foi realizado um trabalho de preparação e separação dos frascos e demais instrumentos utilizados. Ressalta-se que as análises foram realizadas em dois laboratórios distintos, havendo a necessidade de separação e destinação diferentes.

Foram separados três frascos esterilizados para cada ponto, a serem analisados pela Companhia Saneamento de Goiás S.A – SANEAGO, sendo eles: um frasco para análise de Oxigênio Dissolvido – OD, um para Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO e um recipiente de polietileno para demais análises físico-químicas.

Já para a Bio y Geo Ambiental, foram separados um frasco para análise de fosfato e um saco plástico estéril de caráter descartável para exame bacteriológico de detecção de coliformes termotolerantes; todos em consonância com recomendação do manual prático de análise de água da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (BRASIL, 2013; CETESB, 2001, 2011), e realizado por profissionais qualificados e com experiência certificada no segmento.

Figura 6 – Separação de frascos para análises de OD e DBO; soluções para fixação de oxigênio nas amostras para análise de OD



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

A coleta da amostragem para determinação das variáveis físico-química e exames microbiológicos nos pontos de coleta baseou-se na técnica de imersão do

frasco numa profundidade máxima de 30 cm da coluna d'água (CETESB, 2011), sendo que as amostras coletadas foram transportadas logo após o fim da rotina de coletas para os laboratórios.

Além dos recipientes, foram levados para campo termômetros simples para aferição da temperatura da água e do ambiente, bem como soluções de sulfato manganoso e álcali-iodeto-azida, visando adição imediata de 2 mL das mesmas nas amostras após coleta para determinação do OD, conforme apresentado na Figura 7. A coleta foi realizada mediante emprego de técnicas estabelecidas pela FUNASA e outras entidades competentes no segmento.

Figura 7 – Coleta de amostra de água para exame bacteriológico; adição de solução para fixação de oxigênio em amostra para análise de OD



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

As coletas de amostras para o período de estiagem ocorreram no mês de julho de 2016, sendo realizadas ao longo dos períodos da manhã e tarde. Já para comparação, as coletas do período chuvoso foram realizadas em fevereiro de 2017, seguindo procedimentos semelhantes. Após coletas em campo, as amostras foram encaminhadas aos dois laboratórios responsáveis pelas análises, onde os procedimentos foram realizados por/e com auxílio de profissionais.

3.3.2 Procedimentos de Análise Laboratorial

Foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de: temperatura (em campo), oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, demanda

bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato, turbidez, sólidos totais, cloretos, dureza e alcalinidade, sendo que, destes doze, nove visam atender a metodologia do IQA. A relação dos parâmetros analisados, bem como suas respectivas unidades, limites de detecção, métodos e laboratório onde foram realizadas as análises são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 3 – Relação técnica dos parâmetros de análise hídrica

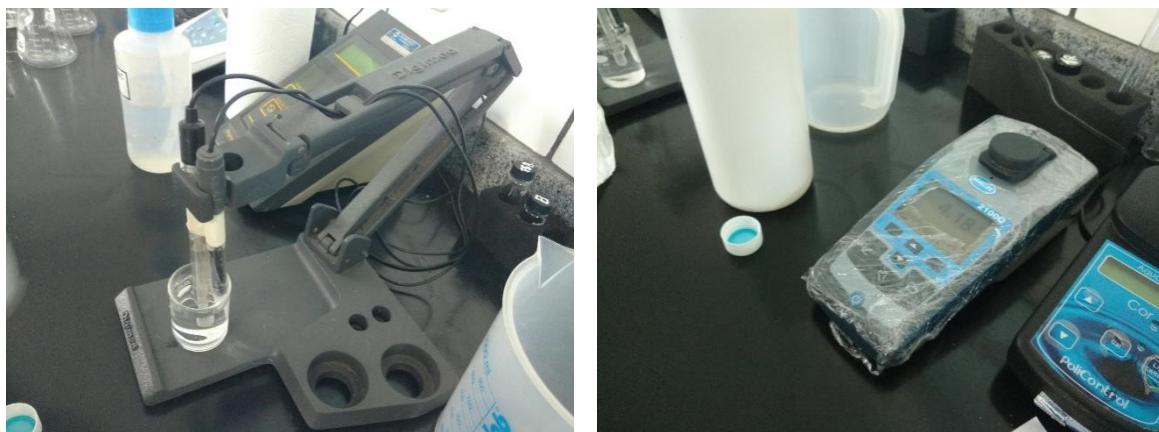
Parâmetro	Unidade	Limite de Detecção	Método	Laboratório responsável
Oxigênio Dissolvido	mg/L O ₂	0,5 mg/L	Azida Modificada SM - 4500-O C	SANEAGO
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1 NMP/100 mL	AOAC Certificate Nº 110402. 2011	Bio y Geo
pH	(adimensional)	0 - 14	Eletrométrico SM - 4500-H+ B	SANEAGO
Demandra Bioquímica de Oxigênio	mg/L O ₂	1 mg/L	SM - 5210 B	SANEAGO
Temperatura	°C	0,5° C	SMWW, 22ª Edição, Método 2550B	Em campo
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	0,01 mg/L	Colorimétrico SM - 4500-NO3- E	SANEAGO
Fósforo Total	mg/L P	0,125 mg/L	SM - 4500-P D	Bio y Geo
Turbidez	NTU	0,1 NTU	Nefelométrico SM - 2130 B	SANEAGO
Resíduos Sólidos Totais	mg/L	10 mg/L	SM - 2540 B	SANEAGO
Cloretos	mg/L Cl	0,15 mg/L	Argentimétrico SM - 4500-Cl- B	SANEAGO
Dureza	mg/L CaCO ₃	5 mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM - 2340 C	SANEAGO
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	5 mg/L CaCO ₃	Titulométrico SM - 2320 B	SANEAGO
Condutividade	mS/cm	0,1 mS/cm	Condutimetria SM - 2510 - B	SANEAGO
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻	0,01 mg/L	USEPA 8051 SMEWW 4110 B	SANEAGO

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

As análises realizadas em laboratório utilizam de diferentes métodos, normalmente padronizados pela *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMEWW* (APHA, 1998). Os resultados foram agrupados e comparados aos limites estabelecidos pela legislação vigente, regulamentada pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005).

Na Figura 8, são apresentados aparelhos responsáveis pela análise dos parâmetros pH e turbidez, estando estes alocados no Laboratório da Saneago, Localizado no Município de Morrinhos, Goiás.

Figura 8 – Laboratório da SANEAGO: (A) Phmetro; (B) Turbidímetro



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Na Figura 9, são apresentadas partes das etapas da metodologia necessária à obtenção de dados referentes ao Oxigênio Dissolvido nas amostras, ressaltando que, para a eficácia na determinação destes valores, é essencial a realização de outros procedimentos ainda em campo.

Figura 9 – Procedimentos laboratoriais para determinação do Oxigênio Dissolvido nas amostras



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

3.3.3 Determinação do Índice de Qualidade das Águas

Para o cálculo do IQA, foi utilizada a metodologia adaptada pelo Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2016a) e ANA (2005), adaptada da

National Sanitation Foundation – NSF dos Estados Unidos da América, cujos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade de água e seus respectivos pesos são apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Parâmetros de qualidade de água (q) utilizados no cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA, e seus respectivos pesos (w)

Parâmetro de Qualidade de Água (q)	Pesos (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais	0,15
Potencial Hidrogeniônico	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Temperatura	0,10
Nitratos	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: IGAM, 2005; 2014; ANA, 2005.

Organização: PEDROSO, L. B., 2017.

Segundo Bassoi & Guazelli (2004), o IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros supracitados. Desta maneira, a seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Em que:

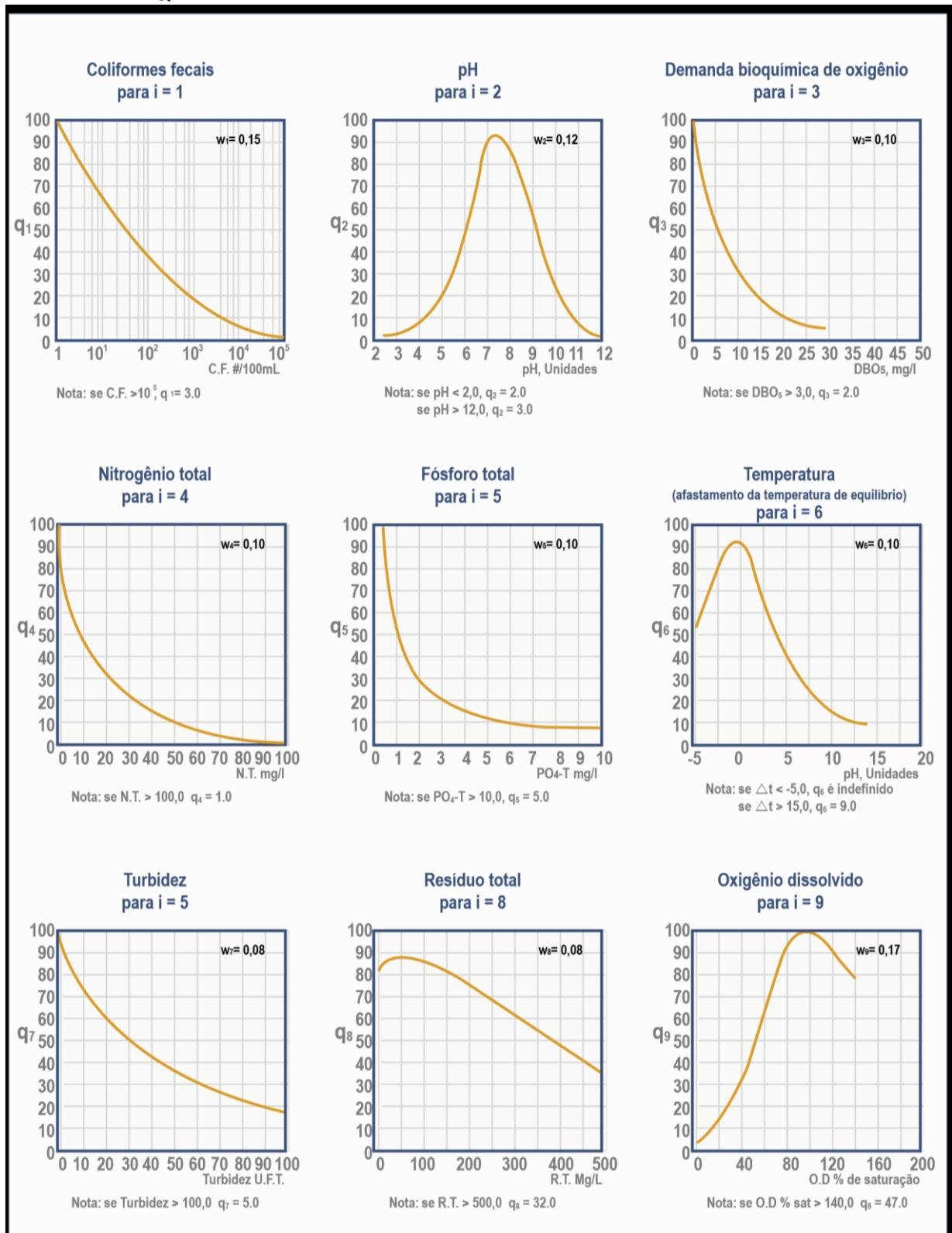
IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e, w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Em que:

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Figura 10 – Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA³



Fonte: IMAP, 2003; ANA, 2005.

³ Para o parâmetro Nitrogênio total apresentado na figura, considerou-se a análise de Nitratos (NO₃). Para análise de Fósforo total, considerou-se a concentração total do elemento e não somente em sua forma de fosfato.

Com base no cálculo efetuado, obtém-se o IQA, que varia em uma escala de 0 a 100, sendo 100 a melhor qualidade e 0 a pior qualidade, conforme classificação disposta na Tabela 2.

Tabela 2 – Faixas de classificação da qualidade da água de acordo com o cálculo do IQA⁴

Nível de Qualidade	Faixa	Faixa
	AP, MG, MT, PR, RS	BA, GO, ES, MS, SP
Ótima	$90 < \text{IQA} \leq 100$	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$70 < \text{IQA} \leq 90$	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Aceitável	$50 < \text{IQA} \leq 7-$	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$0 < \text{IQA} \leq 25$	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: ANA, 2005.

Os demais parâmetros físico-químicos e microbiológicos de análise das amostras de água que não estão presentes na metodologia do IQA, foram relacionados aos limites toleráveis de acordo com a legislação ambiental vigente para uso da água Classes 2, Resolução CONAMA n.º 357 de 2005 (BRASIL, 2005).

3.3.4 Correlação entre Parâmetros e o IQA

A correlação é um método estatístico utilizado para aferir a intensidade e a direção da relação linear entre variáveis eventuais. Há diferentes coeficientes utilizados na matemática e na econometria para se aferir tal relação e intensidade. Neste caso em específico, buscou-se analisar a relação entre o Índice de Qualidade das Águas e os Parâmetros utilizados na pesquisa.

Para tal, utilizou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), podendo ser considerado a razão da covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios-padrão.

⁴ Tais padrões são estabelecidos mediante intervalos adotados por órgãos em cada um dos Estados a partir da obtenção do IQA.

A partir de tal relação, seria possível entender a influência individual dos parâmetros de análise físico-química e microbiológica de águas sobre o produto do IQA. A amostra do emparelhamento dos valores (das variáveis) de x e y varia de 1,0 até -1,0. Quando mais próximo de zero, menor será a correlação, sendo zero relação nula entre as variáveis e, 1,0 ou -1,0, uma correlação perfeita, conforme exposto no quadro a seguir.

Quadro 5 – Classificação da intensidade da correlação

<i>r</i>	Classificação
0	Nula
0,00 --- 0,30	Fraca
0,30 --- 0,60	Média
0,60 --- 0,90	Forte
0,90 --- 0,99	Fortíssima
1	Perfeita

Fonte: OLIVEIRA, 2005.

Organização: PEDROSO, L. B., 2017.

Para tal, o relacionamento entre as variáveis é resultado da seguinte expressão:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Na qual, **r** representa o coeficiente de correlação linear; \sum representa a soma dos itens descritos; **x** representa a variável dependente e **y** a variável independente, sendo estas relativas aos dados provenientes dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e o IQA, respectivamente.

3.4 Aplicação dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios

Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios – PAR contemplam-se enquanto importantes instrumentos para a análise qualitativa das condições ambientais dos cursos d'água superficiais e seus respectivos entornos.

Muitos dos PARs aplicados em pesquisas recentes seguem metodologia (e/ou respectiva adaptação) da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987) e Hannaford et al. (1997), como é o caso de Callisto et al. (2002). Rodrigues (2008), por sua vez, baseou-se na avaliação global do habitat cujo modelo é de Barbour et al. (1999).

O protocolo elaborado para esta pesquisa constitui-se enquanto uma adaptação dos protocolos de Hannaford et al. (1997), EPA (1987) e Rodrigues (2008). A adaptação foi necessária no que diz respeito ao levantamento de parâmetros de maior importância para a análise ambiental dos cursos d'água desta região, predominantemente inseridos em região de cerrado. Assim sendo, muitos parâmetros presentes nas metodologias citadas, bem como suas respectivas pontuações atribuídas pelos autores não se encontram nesta por não se enquadarem no âmbito do recorte espacial desta pesquisa.

Foram elencados para atender a realidade local um total de 13 parâmetros de análise, conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Parâmetros do protocolo de avaliação rápida de rios

Parâmetros
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito
3. Alterações antrópicas
4. Cobertura vegetal no leito
5. Presença de mata ciliar
6. Extensão de mata ciliar
7. Odor da água
8. Oleosidade da água
9. Transparência da água
10. Odor do sedimento
11. Tipo de fundo
12. Alterações no canal do rio
13. Características do fluxo das águas

Fonte: Adaptado de HANNAFORD et al., 1997; EPA, 1987; RODRIGUES, 2008.

Aos respectivos parâmetros, foram atribuídas pontuações correspondentes à categoria de sua condição ambiental, sendo essa condição associada a três pontuações: 0, 2 ou 4 pontos por parâmetro; onde 0 indica uma condição ruim,

deficiente; 2 dispõe de uma condição intermediária; e 4 apresenta uma condição boa ou propícia do ambiente analisado para o respectivo atributo.

As análises são feitas *in loco*, com análises qualitativas do PAR, e aferições da temperatura ambiente e da água, com utilização de termômetros, trena para medição da largura do canal, aparelho GPS para registro de coordenadas, bem como emprego de técnicas para coleta de água para análise do IQA, como se verifica na Figura 11.

Figura 11 – (A) coleta e registro de coordenadas geográficas; (B) procedimentos analíticos de registro do PAR



Autor: CASTRO, 2016.

O primeiro parâmetro de análise do PAR, denominado de “Tipo de ocupação das margens do corpo d’água (principal atividade)”, visa avaliar em que condições se encontram as margens dos cursos d’água; isto é, se as mesmas estão preservadas mediante a manutenção da vegetação natural e das Áreas de Preservação Permanentes – APPs, ou se são ocupadas com atividades antrópicas, sejam elas tipicamente urbanas ou rurais. A condição da ocupação das margens implica necessariamente na possibilidade de vulnerabilidade à ocorrência de fenômenos, como a erosão e poluição das águas.

O segundo parâmetro, “Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito”, visa avaliar exclusivamente a ocorrência e a intensidade de processos erosivos nas margens do leito. A existência de erosões, ainda em que estágios iniciais, poderá indicar problemas futuros para o local.

O terceiro, por sua vez, intitulado de “Alterações antrópicas”, tem por intuito a análise qualitativa da presença de resquícios de atividades antrópicas, seja por meio

de obras concretas ou inacabadas, bem como pela constatação de resíduos sólidos de origem doméstica ou industrial próximo às margens.

O quarto parâmetro, “Cobertura vegetal no leito”, visa avaliar a disposição da cobertura vegetal sobre o leito, enquanto o quinto – “Presença de Mata Ciliar” –, avalia a presença e densidade da vegetação ripária nas margens do curso d’água. A análise conjunta destes fatores, em consonância com o parâmetro 6, intitulado de “Extensão de mata ciliar”, favorece a compreensão do estado de conservação da vegetação que desempenha importante papel ecológico na manutenção das águas locais.

Os parâmetros 7, 8, 9 e 10 referem-se a análises por meio das propriedades organolépticas, ou seja, daquelas que podem ser aferidas e/ou sentidas pelos sentidos humanos. Os fatores “7. Odor da água” e “8. Oleosidade da água” podem indicar presença de contaminantes de origem doméstica e/ou industrial na água, assim como o parâmetro “10. Odor do sedimento”. O parâmetro “9. Transparência da água” pode acusar presença de materiais/sólidos particulados dispersos e em suspensão no leito do canal e, em alguns casos, também acusando contaminação da mesma.

Já o parâmetro “11. Tipo de fundo” visa indicar o padrão do tipo do fundo do canal, por meio da presença de lama, cascalhos ou alteração do fundo por canalização. Tal análise, além de indicar possível alteração antrópica, diz respeito à competência, isto é, a capacidade do curso d’água no que tange o transporte de sedimentos com granulometria variada. O item seguinte – “Alterações no canal do rio” –, propõe a análise do nível de alteração antrópica do canal como um todo, seja por construções/edificações, canalizações, como por evidência de dragagens ou atividades similares.

O último parâmetro, intitulado de “Características do fluxo das águas” busca a observação do nível da lâmina d’água em função da exposição do substrato exposto do canal, o que pode indicar rebaixamento do nível por alteração antrópica ou variabilidade climática.

A distribuição da pontuação para cada um dos parâmetros supracitados se dá conforme modelo de análise apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Pontuação atribuída aos parâmetros de análise do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios

Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 ponto
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem / agricultura / reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros	Moderada; pequenas áreas de erosão frequentes	Acentuada e Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retilinização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Total	Parcial	Ausente
5. Presença de Mata Ciliar	Acima de 80% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento	Entre 50 e 80% com vegetação ripária nativa; desflorestamento parcial; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado
6. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 15 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.)	Largura da vegetação ripária entre 10 e 15 m; mínima influência antrópica	Largura da vegetação ripária menor que 10 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica
7. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
8. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
9. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
10. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
11. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado
12. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações antigas	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado
13. Características do fluxo das águas	Lâmina d'água acima de 80% do canal do rio; ou menos de 20% do substrato exposto	Lâmina d'água entre 40 e 80% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos “rápidos” exposto	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos

Fonte: Adaptado de Hannaford et al., 1997; EPA, 1987; Rodrigues, 2008.

Após avaliação individual de cada item do protocolo, foi realizada a soma das pontuações atribuídas e, então atribuída a respectiva categorização para o trecho de análise, conforme definição do padrão disposto no Quadro 8.

Quadro 8 – Categorização das condições ambientais do PAR

Categorias das condições	Pontuações
<i>Ótima</i>	41 a 52
<i>Boa</i>	27 a 40
<i>Regular</i>	13 a 26
<i>Péssima</i>	0 a 12

Elaboração: PEDROSO, L. B., 2016.

Um curso d'água que se enquadra nas condições “Boa” e “Ótima”, isto é, entre 27 e 52 pontos, dispõe de qualidade ambiental sustentável, atendendo aspectos relacionados à exigência do equilíbrio sistêmico natural local. Indica também menor intervenção antrópica, se comparada aos cursos d'água enquadrados nas categorias “Regular” e “Péssimas”, as quais constata-se grande variação, ou alterações negativas do ponto de vista da observância de aspectos ecológicos.

Desta forma, a pontuação atribuída constituiu-se também enquanto uma ferramenta de análise planejamento e gestão ambiental local.

4 QUALIDADE AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS: Pressupostos teóricos e conceituais

4.1 A Questão Ambiental

De acordo com Silva e Rodrigues (2013), a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em Estocolmo, Suécia, ocorrida durante o ano de 1972, foi o marco dos eventos sobre o meio ambiente. A conferência foi organizada pelas Organização das Nações Unidas – ONU e contou com a participação de inúmeros órgãos e representantes de setores da sociedade civil.

A partir da Conferência de Estocolmo – como ficou conhecida –, diferentes outros eventos surgiram e ganharam notoriedade internacional, como a Rio 92, também conhecida como Eco 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ocorrida em 1992 no Rio de Janeiro, Brasil, contando com a participação de 152 países; e também a Rio+20 - Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, em 2012, na mesma cidade. Tais discussões impulsionaram a introdução da temática ambiental nas pautas empresariais e do empreendedorismo internacional, buscando demonstrar a importância do meio ambiente e dos recursos naturais para a sociedade.

Muitas vezes, os múltiplos benefícios ofertados pela natureza e a importância da mesma na manutenção da vida humana passam despercebidos, acarretando riscos aos sistemas de suporte à vida. Sobre esta discussão, Freitas e Porto (2006, p.15) afirmam que:

Os ecossistemas oferecem inúmeros benefícios para os humanos, como serviços de provisão de água, alimentos, combustíveis e recursos genéticos; serviços de regulação do clima, dos ciclos das águas e das doenças; serviços de suporte, como formação dos solos e ciclos de nutrientes, vitais para a produção de alimentos; serviços culturais, como referências para valores espirituais e religiosos, estéticos e educacionais, lazer e turismo.

A cidade, fruto deste e de tantos outros processos sociais, tornou-se *lócus* de realidades que refletem profundas desigualdades socioeconômicas e, por sua vez, inferem diretamente sobre a qualidade de vida. No cenário atual, as altas taxas de crescimento populacional, principalmente em países emergentes e de baixo desenvolvimento econômico, criam situações de conflito na relação populações-

recursos, sobretudo em casos de ineficiência governamental, que tende a se intensificar pela maior pressão sobre os sistemas políticos e econômicos (CAMPOS; NEHME; COLESANTI, 2013).

A relação entre o desenvolvimento urbano e a manutenção da qualidade ambiental é quase sempre controvérsia. No caso do Brasil, em pouco mais de meio século, vários problemas de ordem local multiplicaram-se intensamente, alastrando-se pelos espaços urbanos. Problemas estes relacionados ao saneamento básico, acúmulo e má disposição de resíduos sólidos e poluição atmosférica e dos corpos hídricos. Contudo, grande parte destes problemas passou despercebida, pois, durante anos a questão ambiental sequer esteve alocada em planos na gestão pública (FARIA, 1991).

Até meados da década de 1980, o Estado ditou, de forma centralizada, a política ambiental a ser seguida no Brasil. A partir de então, o processo de formulação e implementação da política ambiental no país passou a ser, cada vez mais, produto da interação entre ideias, valores e estratégias de ação de atores sociais diversos, num campo marcado por contradições e alianças e conflitos que emergem da multiplicidade de interesses envolvidos com o problema da proteção do meio ambiente. A esfera estatal continua sendo, contudo, a instância em que se negociam decisões e em que conceitos são instrumentalizados em políticas públicas para o setor (CUNHA; COELHO, 2010, p.43).

Atualmente, mesmo com a notoriedade atribuída à causa por meio de pesquisas e publicações por diferentes grupos sociais, a questão da problemática ambiental ainda não foi solucionada. O que difere do passado é o equacionamento da dimensão do problema.

Os processos de degradação do meio ambiente discutidos na atualidade possuem relação com um modelo de desenvolvimento predatório e complexo, no qual prevalece o esgotamento das reservas naturais, distantes das práticas de conceitos norteadores como “desenvolvimento sustentável”, amplamente difundido nas últimas décadas (MARCATTO, 2002).

A Geografia e tantas outras ciências correlatas buscam na Educação Ambiental a solução para tais problemas ambientais. Deve-se ao fato de que a construção de uma sociedade mais justa e preocupada com a qualidade do meio ambiente nasce a partir de ensinamentos alinhados com trabalhos propostos em ambientes acadêmicos, profissionais e espaços de diálogos específicos.

Neste sentido, a Educação Ambiental leva em conta aspectos culturais e processos que estão intrinsecamente ligados ao desenvolvimento humano individual e coletivo. No caso dos espaços coletivos, as competências e a capacidade de mobilização em torno dos problemas partem da identidade do público que lida com estes problemas rotineiramente (PICOLLI, et al., 2016).

Nessa direção, a problemática ambiental constitui um tema muito propício para aprofundar a reflexão e a prática em torno do restrito impacto das práticas de resistência e de expressão das demandas da população das áreas mais afetadas pelos constantes e crescentes agravos ambientais. Mas representa também a possibilidade de abertura de estimulantes espaços para implementar alternativas diversificadas de democracia participativa, notadamente a garantia do acesso à informação e a consolidação de canais abertos para uma participação plural (JACOBI, 2003, p. 192).

Desta forma, a Educação Ambiental pode ser apreendida como um sistema de mediação entre sociedade e meio ambiente, visando o desenvolvimento sustentável, assegurando a disponibilidade e qualidade de recursos naturais para gerações vindouras (MARODIN; BARBA; MORAIS, 2004).

As práticas em Educação Ambiental têm sido intensificadas nos últimos anos, buscando sempre indicar o papel e a responsabilidade que os sujeitos desempenham na sociedade. A partir da década de 1990, com a ampliação da utilização e popularização da Internet, o fluxo de conhecimentos nesta temática ficou ainda mais evidente. Todavia, a ausência de um arcabouço teórico-metodológico pode prejudicar de forma significativa a qualidade das práticas e desarticulando saberes importantes para a sensibilização da sociedade (RODRIGUES; COLESANTI, 2008).

É fundamental que nas atuais discussões e práticas, aspectos geográficos sejam levados em consideração, como a noção de espaço e escala, temporalidade, conhecimento regional e a interrelação entre saberes que se dialogam com a temática ambiental.

No tocante à qualidade das águas, uma abordagem pautada nesta premissa se faz de suma importância, pois fortalece o contato entre os usuários das águas, que são os indivíduos que estão em contato com os problemas ambientais recorrentes, sobretudo aqueles cujas causas estão relacionadas à inconformidade com a legislação vigente.

No Brasil, os espaços mais adequados para diálogos entre estes atores se fazem presentes nos Conselhos Gestores e nos Comitês de Bacias Hidrográficas. A

participação social é inerente a este processo e, o papel do cidadão, neste sentido, é de fortalecer a participação popular, engajada e politizada, em prol do enfrentamento as questões mais comuns.

Portanto, é necessário que, nestes espaços, a criticidade dos agentes envolvidos induza o desenvolvimento de uma consciência ambientalista, capaz de atenuar ou reverter o quadro de degradação dos recursos hídricos na atualidade.

4.2 Os Recursos Hídricos e o Desenvolvimento

A água é um recurso de importância inigualável e corre riscos significativos decorrentes do processo de desenvolvimento das sociedades. No passado, os rios, por exemplo, eram utilizados para fins de deslocamento e penetração em regiões interioranas, o que favorecia o crescimento de aglomerados urbanos. Tais processos, no contexto dos rios (cuja escala de análise seria a bacia hidrográfica), se analisados pelo viés histórico, revelam a intensidade das mudanças provocadas pela intervenção antrópica (CUNHA, 2010).

[...] sendo essencial à vida, constitui um dos bens mais preciosos à disposição da humanidade. Por ser um bem já escasso em muitas regiões, requer racionalidade e parcimônia em sua utilização. A contaminação das águas é, portanto, uma das maiores preocupações tanto dos ecologistas como de todos os que necessitam utilizar a água como insumo em atividades econômicas (VALLE, 2010).

Devido à facilidade de acesso e disponibilidade para os usos e para a população, a disposição de água doce mais utilizada e, também, de mais simples acesso são os rios, lagos e reservatórios, os quais, se somados, contemplam cerca de 0,27% do volume de água doce do planeta. O ciclo hidrológico depende salutamente da renovação da água nos meios aos quais ela está disposta. Contudo, a taxa de renovação não se porta cronologicamente na mesma dinâmica do consumo do recurso, acarretando desequilíbrios em relação à disponibilidade, bem como para os ecossistemas locais (OMM/UNESCO, 1997; SETTI, et al., 2000).

A demanda por trabalhos de cunho ambiental que visam analisar a qualidade hídrica tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas. Não somente a água é analisada neste contexto, mas também o ambiente e seus respectivos elementos,

tais como a condição do solo, do relevo, aspectos geológicos, climáticos, entre outros (VALLE, 2010; VASCONCELOS, 2013).

A necessidade de estudos na área deriva da ampliação do número de problemas decorrentes da intervenção antrópica, muitas vezes, de forma degradante. A utilização cada vez mais intensa tem provocado, além dos problemas de qualidade, a escassez do recurso, afetando a sociedade e a qualidade ambiental como um todo (COLLISCHONN; TASSI, 2010; PHILIPPI JR., 2005; VON SPERLING, 1996).

Desta forma, a escassez hídrica é um problema em potencial e ameaça áreas densamente povoadas, o que além de gerar prejuízos significativos, pode ocasionar fome pela queda na produção de alimentos e óbitos. Rebouças, Braga e Tundisi (2006) afirmam que os níveis de degradação da qualidade e quantidade hídricas atingidos a partir da década de 1950 não eram imaginados e que, tal escassez, não ameaça somente a vida humana, mas cria ambientes desfavoráveis à vida no Planeta.

Grandes ameaças aos recursos hídricos estão também associadas aos malefícios provocados à saúde humana pela presença de organismos patogênicos, causadores de doenças, de forma direta ou indireta. Entre as áreas mais comprometidas, destacam-se aquelas regiões de maior densidade urbana e populacional, pois a grande pressão exercida pelo sistema urbano acarreta prejuízos mais significativos aos corpos hídricos e, por consequência, à população. Tais efeitos comprometem severamente a qualidade de vida e o desenvolvimento social e econômico dos indivíduos próximos (MORAES; JORDÃO, 2002).

Verifica-se também nas áreas urbanas uma grande concentração de esgotos clandestinos e canais de lançamento de rejeitos em cursos d'água urbanos. Os recursos hídricos, em si, possuem capacidade de diluir e assimilar a matéria orgânica decorrente da poluição disposta sobre eles, devido a atuação da microbiota presente nas águas, o que os confere a capacidade de autodepuração. Contudo, tal capacidade é limitada, e quando o volume de matéria é muito grande, a exemplo dos efluentes domésticos dispostos *in natura*, a qualidade hídrica é afetada severamente.

Em nações menos desenvolvidas, estes problemas são mais comuns, decorrentes da falta de investimento no planejamento, na gestão ambiental e em políticas de conservação dos recursos naturais. Nestes casos, a água torna-se então um problema político e socioeconômico.

Pode ser mais facilmente entendida na dimensão econômica, na medida em que é utilizada enquanto recurso gerador de energia, abastecimento público e produção de alimentos. As economias regionais e nacionais dependem da disponibilidade hídrica para garantir a dinâmica de tais processos e, para tal, as governanças globais vêm buscando adequar-se a quadros de enfrentamento das consequências do uso desordenado e irresponsável, bem como daquelas desencadeadas pelos efeitos das mudanças climáticas globais. Programas de gerenciamento das águas da bacia do Rio Nilo, do Mar Cáspio, da bacia do Rio Danúbio e outros acordos são exemplos de tais tentativas. Atualmente, há mais de 150 acordos internacionais na Europa e nos Estados Unidos relacionados à manutenção da qualidade hídrica de bacias hidrográficas transfronteiriças. No caso do Brasil, tais acordos vem de encontro à questão energética, como é o caso da bacia do Rio Prata, que engloba o Rio Paraná e a usina de Itaipu (TUNDISI, 2008).

Grande parte destes programas que discutem a qualidade das águas e as formas de abastecimento são resultado do triunfo de discussões estabelecidas em conferências internacionais sobre o meio ambiente como a Rio+20. Durante a Rio 92, considerada marco dos eventos que discutem políticas de sustentabilidade ambiental, houve a publicação de um capítulo da Agenda 21, responsável pela água: “Capítulo 18 – Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos”. O objetivo destes documentos e das conferências as quais se associam é assegurar a oferta da água com qualidade para consumo humano para as futuras gerações (GIACOMIN; OHNUMA JR., 2012).

Em termos de oferta de água, todos os usos gerados em cidades, vilarejos e pequenos núcleos urbanos, com intuito de abastecimento doméstico, comercial e industrial, são formas de uso urbano da água. A demanda é constituída pela população abastecida, pelo tipo de atividade comercial e industrial e, também, pelo próprio nível de desenvolvimento socioeconômico local, que pode estimular ou não o consumo da água (SETTI et al., 2000).

Outro obstáculo relacionado à questão do gerenciamento dos recursos hídricos e em específico no caso do Brasil, refere-se à matriz energética, a qual demonstra que o país é extremamente dependente da energia hidráulica.

Apesar da geração caracterizar-se por um processo limpo em si, não enquadrando-se como uma fonte de grande potencial poluidor (a exemplo das termelétricas e a geração de gases do efeito estufa), a construção e implantação das usinas representam grandes prejuízos ambientais, provocando desequilíbrios ecossistêmicos significantes, relacionados à fauna, flora, solos, microclima e também hidrológicos. A construção destas unidades, ao remover a cobertura vegetal de vastas extensões que serão inundadas para a construção de represas e barragens, altera o ciclo hidrológico local, implicando também em variações na recarga de sistemas hídricos subterrâneos e seus respectivos fluxos subsuperficiais.

Desta forma, compreendendo a dimensão dos impactos provocados pelas múltiplas atividades que se relacionam com as águas, é indispensável que a sensibilização que venha a mudar o quadro atual se inicie nos ambientes de troca e construção de conhecimentos, isto é, na perspectiva da Educação Ambiental (BERNARDES, 2007).

4.3 Aspectos Legais do Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

Neste item, é proposta uma reflexão acerca dos principais instrumentos legais que dispõem sobre a conservação dos recursos hídricos no Brasil. São abordadas a Lei n.º 9.433 de 1997 (Lei das Águas), as Resoluções CONAMA n.º 20 de 1986 e sua respectiva atualização, a n.º 357 de 2005 (classificação, diretrizes e enquadramento de corpos d'água) e a Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal). Ao longo das discussões, outros instrumentos e leis relativas a essas são citadas, embora não exploradas. Aspectos técnicos relativos aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das análises hídricas também são discutidos.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos no Brasil possuem sua gênese na segunda metade do século XIX, período histórico de grandes modificações na estrutura política do país, com a abolição da escravatura e a Proclamação da República. No entanto, a gestão das águas no período relacionava-se ao aspecto sanitário. Tal transição impôs uma nova faceta ao paradigma sanitário brasileiro, o qual passaria a denotar de um caráter modernizador.

A modernização indicava que o desenvolvimento urbano deveria abarcar não somente aspectos cênicos e paisagísticos, mas também o higienismo, isto é, incorporar também no urbanismo elementos cuja prerrogativa básica pautava-se na

saúde da população, como é o caso do abastecimento de água tratada e instalação de redes de esgoto. Desta forma, sem sombra de dúvidas, o nome mais importante foi o do engenheiro sanitário Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, responsável por obras em diferentes estados brasileiros (COSTA, 2000).

As discussões sobre água, em âmbito legal, surgem com a Lei de Direito de Água do Brasil, cuja promulgação se dá em 10 de julho de 1934, sendo ela concebida como Código das Águas. A década de 1970 configurou-se enquanto uma das primeiras tentativas de gestão das águas, considerando a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento. Na década seguinte, por meio de premissas governamentais, o setor foi modernizado, sobretudo pela promulgação da Constituição Federal e, em específico, seu Artigo 20, Inciso III que determinou que, a partir de 1988, todos os corpos hídricos passariam a ser de domínio público, entendidos como bens juridicamente protegidos sob o manto de um dispositivo legal. Souza (2009) reforça que a Constituição não transforma o Poder Público Federal em proprietário das águas, mas sim em gestor de um bem público que é de interesse coletivo (VASCONCELOS, 2013).

De acordo com o mesmo Artigo, podem ser divididos em dois grupos: a) domínio da União: os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, que banhem mais de um Estado ou que sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou destes provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais; e b) sob o domínio dos Estados: para águas superficiais e subterrâneas, fluentes e emergentes, e em depósito, ressalvadas àquelas decorrentes de obras da União.

Apesar de as águas superficiais e subterrâneas serem de domínio dos Estados, estes não legislam sobre elas, cabendo tal responsabilidade ao conjunto de diretrizes impostas dentro do arcabouço legal da PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos.

A PNRH, estabelecida pela Lei nº 9.433/97 – A Lei das Águas de 1997 –, cujo documento final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH em 2006, é a principal política e instrumento norteador da gestão das águas no Brasil. O plano é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA e visa:

Estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e

quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social. (BRASIL, 2003, p.10).

As macrodiretrizes dispostas no PNRH, bem como as diretrizes dos Planos Diretores Municipais e aquelas apresentadas pelos Comitês de Bacias e demais órgãos são de suma importância para a conservação das águas. Contudo, o grande desafio em torno da manutenção da qualidade das águas situa-se na dimensão política. Ainda que haja um bom desenvolvimento das políticas de recursos hídricos, com capacidade de integração entre instrumentos técnicos e políticos, a institucionalização dos planos é delicada e complexa devido às deficiências administrativas e orçamentárias (PHILIPPI JR.; MARCON; GRISOTTO, 2009).

A PNRH dispõe de seis fundamentos de suma importância. O primeiro deles é “A água é um bem de domínio público”. Por serem de domínio público, as águas não pertencem necessariamente ao Estado, apesar de serem gerenciadas pelo Poder Público Federal e Estadual, mas sim à toda uma coletividade. Além disso, é importante frisar que no antigo Código de Águas – o Decreto n.º 24.643 de 1934 –, havia a previsão da existência de “água particulares”. Com a Lei das Águas, este decreto foi revogado.

O uso da água, portanto, não pode ser apropriado exclusivamente a um indivíduo ou instituição, excluindo outras em potencial. Este uso também não pode denotar de poluição, agressão ou que leve ao esgotamento às águas. Por ser um elemento do meio ambiente, este aspecto possui reforço no Art. 225 da Constituição Federal de 1988 que disserta que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O segundo fundamento é “A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Algumas considerações devem ser feitas antes da análise deste fundamento: Mais de 97% da água do planeta é salgada; a água doce representa um total de 2,5%, estando 1,7% concentrada em calotas polares, 0,75% em meio subterrâneo e apenas 0,01% de forma superficial. A afirmação que se faz em relação ao valor econômico refere-se às formas de uso aplicadas à mesma, o que a contemplaria enquanto recurso hídrico. Contudo, sua valoração não pode se dar

mediante a relação entre a demanda e a oferta, pois trata-se de um bem de domínio público (ANA, 2015).

No Brasil, as águas superficiais também são responsáveis pela geração de mais de 90% da energia elétrica, por meio da atuação de empreendimentos hidroelétricos. Assim, dentre outros exemplos, a exploração hidráulica para fins energéticos é um dos exemplos mais comuns em relação à valoração e compreensão da mesma como um recurso dotado de valor econômico.

Pode-se indagar também, a partir deste fundamento, o princípio poluidor pagador, entendido como um instrumento da PNRH, pois prevê a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Segundo Philippi Jr. E Silveira (2005), a intenção em reconhecer o valor econômico da água é incentivar a racionalização do recurso por parte dos usuários, com base em uma gradual economia de mercado para o recurso.

O terceiro fundamento da Lei cita que “Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”. A escassez estampada neste fundamento refere-se justamente à água passível de uso antrópico, isto é, não levando em consideração as águas salinas. Projetos de dessalinização das águas, embora existam e já estejam sendo empregados em determinadas áreas do mundo, apresentam custo muito elevado, tornando-se inviáveis, salvo casos extremos. Ressalta-se que o consumo humano, neste caso, visa atender às demandas básicas do homem, relacionadas à alimentação, dessedentação e higiene pessoal, não se enquadrando neste caso, atividades recreativas, por exemplo.

Já o quarto fundamento, discorre que “A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”, isto é, não deve haver beneficiamento de sujeitos e/ou grupos quanto ao uso da água. Compatibilizar todas as visões e interesses inerentes ao uso da água nem sempre é uma tarefa simples. Além do consumo humano e a dessedentação de animais mencionados no fundamento anterior, há de se levar em consideração outros usos em potencial, como o transporte aquaviário, a utilização para fins industriais, o aproveitamento de potencial hidroelétrico, transporte e/ou disposição final de efluentes, entre outros.

A incompatibilidade gerada entre os usos muitas vezes relaciona-se à qualidade exigida pelo uso, quando não por conflitos criados por altas demandas de

determinados empreendimentos. Em relação aos usos, a Resolução CONAMA n.º 20 de 1986 e sua respectiva atualização, a n.º 357 de 2005 dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como para lançamento de efluentes e apresentando substâncias e níveis toleráveis à qualidade do corpo hídrico, o que será descrito mais à frente.

O quinto fundamento tem por redação “A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. A bacia hidrográfica, entendida como área contornada por pontos com cotas altimétricas mais elevadas, compreendidas como divisores de água, é base para a implementação de políticas voltadas ao gerenciamento de recursos hídricos em diferentes partes do mundo (ANA, 2015).

A adoção da mesma como unidade territorial favorece também o desenvolvimento de pesquisas de cunho ambiental, ao possibilitar a apreensão de aspectos ecológicos locais e regionais. Desta forma, a integração entre elementos hidrológicos para com parâmetros de vegetação, solo, relevo e, sobretudo de uso e ocupação do solo permite aos gestores uma compreensão mais efetiva da realidade que se encontra o recurso.

Contudo, a falta de padronização em termos metodológicos sobre conceitos como bacia hidrográfica, sub-bacia, microbacia, entre outros, dificulta, por vezes o estabelecimento de diretrizes e ações eficazes. A simples institucionalização de classes de tamanhos de bacias resolveria tais questões e facilitaria o planejamento, aproximando o alcance aos interesses dos entes públicos e privados envolvidos no processo, evitando-se potenciais conflitos.

O sexto fundamento da PNRH é “A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”. Na visão de Ferreira e Ferreira (2006, p. 9), o fato de a água apresentar caráter de um “[...] bem social, indispensável para a realização de variadas atividades, como também para a sobrevivência humana, ampara a previsão de descentralização e da participação nos processos de gestão”. Essa característica é primordial, uma vez que demonstrados interesses por parte dos usuários, as tomadas de decisões por parte dos gestores permitem ações mais coesas.

A descentralização pode ser entendida também como uma transferência parcial das responsabilidades e atribuições. As decisões são tomadas em cada bacia por meio de seus comitês, envolvendo poder público, usuários, organizações da sociedade civil e a comunidade local.

Uma vez compreendidos os fundamentos da Lei das Águas, é possível almejar metas e quadros ambientais que estejam em conformidade com as premissas apresentadas. Para tal, a Lei nº 9.433 de 1997 apresenta três objetivos claros:

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III. A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais.

O primeiro objetivo está em consonância com os pilares do desenvolvimento sustentável, sendo um dos vários elementos e premissas de documentos oriundos de conferências sobre ambiente e desenvolvimento promovidas pelas Nações Unidas. É reflexo direto do Relatório Brundtland (1987) que tem como documento oficial o “*Our Common Future*” (Nosso Futuro Comum), definindo desenvolvimento sustentável como aquele que “satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Sobre a água, o relatório dispõe a garantia básica do recurso e o consumo racional do mesmo.

O segundo objetivo se reflete na operacionalização do primeiro objetivo, uma vez que prevê a utilização racional da água enquanto recurso, garantindo seu uso e a manutenção do mesmo.

O terceiro objetivo tem caráter técnico e instiga a criação de propostas que visam amenizar riscos relacionados a eventos hidrológicos naturais, bem como como aqueles oriundos da má utilização da água, que resultam na deterioração da qualidade dos corpos hídricos. Assim, permite o estabelecimento de critérios para a qualidade das águas, classes de uso e também estudos geotécnicos que assegurem a defesa das populações em áreas de risco, como aquelas sujeitas a deslizamentos e/ou inundações. Tais estudos vêm de encontro, sobretudo, aos efeitos das mudanças climáticas presenciadas nas últimas décadas.

Para se alcançar tais objetivos, é necessário o delineamento de diretrizes que conduzirão a PNRH ao sucesso por meio de ações mais efetivas. O Art. 3º da Lei apresenta seis diretrizes, as quais se visualizam na Figura 12.

Figura 12 – Diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos



Fonte: Lei nº 9.433/1997.

As seis diretrizes da PNRH se correlacionam e possibilitam o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos em diferentes escalas de abordagem espacial, isto é, tanto para bacias hidrográficas menores, quanto para as grandes bacias presentes em território nacional.

A primeira diretriz – a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade – prevê a articulação organizada entre as instituições e recursos responsáveis pelo gerenciamento das águas no Brasil, respeitando-se aspectos relacionados à quantidade e qualidade dos corpos hídricos, de modo a assegurar a manutenção destas por períodos indeterminados.

A segunda diretriz é “a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País”. Tal diretriz apresenta grande relevância ao se observar a diversidade e a grande extensão do território brasileiro. Desta forma, faz-se necessária uma análise que compreenda realidades díspares, onde se contrastam diferenças significativas quanto a disponibilidade e demanda dos recursos hídricos.

Da mesma forma, a legislação comprehende também peculiaridades das culturas locais, visando a redução de conflitos e usos inconscientes da água, o que nem sempre é uma tarefa simples.

“A integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental” é a terceira diretriz da Lei n.º 9.433 de 1997. Os corpos d’água são um elemento do complexo que comprehende um sistema ambiental. Assim, a interação constante entre características pedológicas, geomorfológicas, geológicas, climatológicas e outras frentes ambientais, bem como aspectos inerentes ao uso do solo devem também ser observados em conjunto, assegurando a saúde ambiental destes sistemas.

De todos fatores observados na gestão ambiental, o uso do solo é aquele que carece de maior atenção, visto que em determinadas áreas, o potencial danoso oriundo da intervenção antrópica se faz mais preponderante. A presença de atividades industriais próximas aos cursos d’água pode ofertar risco de contaminação aos corpos hídricos por meio de lançamentos de efluentes. As atividades agropecuárias também representam sérios riscos quando não há manejo adequado, proporcionando poluição do solo e das águas por agrotóxicos, ou gerando processos erosivos pela compactação do solo e consequente aumento do escoamento superficial.

A quarta diretriz, por sua vez, prevê “a articulação do planejamento de recursos hídricos com a dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional”, isto é, relacionar os usos e demandas com o que está em desenvolvimento em termos de políticas públicas e ao planejamento. Este panorama se faz essencial na medida em que grandes projetos de polos industriais e/ou empreendimentos hidroelétricos que apresentam grande demanda hídrica estão previstos (ANA, 2015).

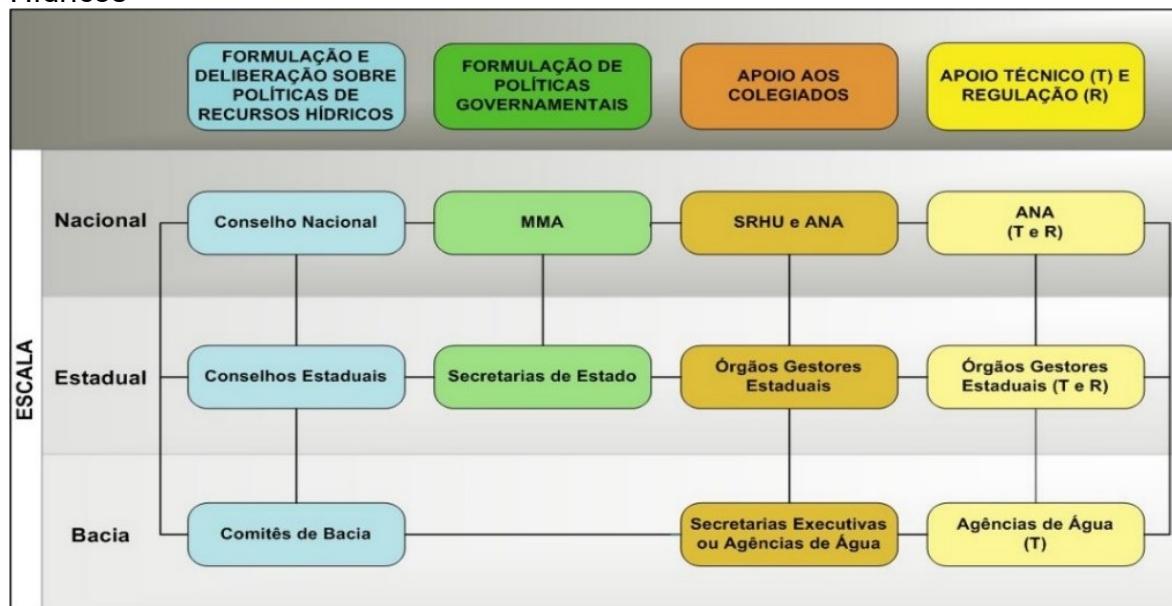
A quinta diretriz instiga “a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo”. Tal articulação se faz necessária nas discussões intersetoriais dentro das prefeituras municipais, de modo a assegurar o uso da água por parte dos usuários, mas também estimulando práticas que visem a manutenção da qualidade e quantidade do recurso hídrico local. Instrumentos municipais podem facilitar o gerenciamento coibindo e/ou restringindo a instalação de empreendimentos que façam uso de técnicas que não estejam em consonância com os preceitos da gestão saudável das águas.

A sexta e última diretriz tem por redação “a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras”. Não diferente das demais, esta também apresenta grande relevância, sobretudo pelo fato de as áreas litorâneas serem de grande densidade populacional, apresentando grande diversificação de atividades, sobretudo aquelas que fazem uso das águas, como a pesca. Instiga também assegurar interesses distintos como a demanda por serviços turísticos e a oferta de alimentos.

Como o foco da PNRH é a gestão descentralizada, integrada e participativa, foi criado a nível nacional o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SINGREH, ocupando atualmente posição importante dentro do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

Para se compreender todo o esquema organizacional do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil até compreender a função dos Comitês de Bacias, é importante conhecer os componentes do SINGREH, conforme matriz institucional presente na Figura 13.

Figura 13 – Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: ANA, 2015.

A respeito da formulação e deliberação sobre políticas de recursos hídricos, tem-se, a nível nacional, o CNRH. O conselho é presidido pelo Ministro do Meio Ambiente e tem uma composição total de 57 membros, dos quais, 29 representam a

União, 10 são representantes dos conselhos estaduais, 12 representam usuários e 6 entidades da sociedade civil organizada. Por se tratar do colegiado superior, o órgão é o principal responsável pela criação das diretrizes gerais do sistema, bem como aprova e acompanha a execução do PNRH. Basicamente, todas as decisões de grandes instâncias passam pelo conselho antes de serem aplicadas (ANA, 2007).

Em nível estadual, têm-se os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal, com função semelhante a do CNRH, ou seja, dispõem de caráter normativo e deliberativo na esfera estadual. Suas respectivas composições variam, contudo, normalmente apresentando representantes de secretarias de Estado, de municípios importantes nas tomadas de decisão, usuários e organizações civis.

Os Comitês de Bacia, por sua vez, apresentam composição semelhante à dos Conselhos Estaduais, com funções deliberativas, consultivas e propositivas amparadas pelos artigos 38 e 39 da Lei das Águas. São importantes fóruns de discussão e sua abrangência geográfica varia, compreendendo a totalidade de grandes bacias hidrográficas, bem como sub-bacias e grupos de sub-bacias menores contíguas (ANA, 2015).

O MMA e as Secretarias de Estado são responsáveis pela formulação e acompanhamento de políticas governamentais no setor, promovendo relação constante com planos e políticas de recursos hídricos.

A Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano – SRHU e a Agência Nacional de Águas – ANA, por sua vez, são órgãos vinculados ao MMA, tendo como atribuições desenvolver atividades de supervisão, controle e avaliação de ações relacionadas a recursos hídricos.

A ANA também é vista como um órgão regulador das águas, sendo considerada uma autarquia federal sob regime especial, filiada ao MMA. Essa agência possui autonomia política e financeira face às demais autarquias públicas. Foi criada e regulamentada pela Lei n.º 9.984 de 2000 e tem por objetivo garantir a implantação e o funcionamento da PNRH.

Outros órgãos são de grande importância no gerenciamento dos recursos hídricos, promovendo apoio técnico e normativo (regulatório), como agências e institutos estaduais das águas.

Na visão da PNRH e de outros instrumentos legais, a gestão dos recursos hídricos possibilita a avaliação contínua sobre o conjunto de atividades desempenhadas na unidade territorial de uma dada bacia hidrográfica. Tal avaliação permite tomadas de decisões e também a formulação de políticas comuns à área e ao tema (NUNES, 2001).

O planejamento dos recursos hídricos no Brasil dispõe de uma divisão em 12 regiões hidrográficas, sendo estes espaços compreendidos por uma bacia principal, um grupo de bacias e/ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais e socioeconômicas similares (SÃO PAULO, 2011).

Neste cenário, a Região Amazônica tem a maior vazão média, contribuindo com até com 4.161 km³ de água por ano. Contudo possui uma população de 9,7 milhões de habitantes. A Região Atlântico Leste, em contrapartida, contribui com 47 km³/ano e possui uma população de 15,1 milhões de habitantes. Na gestão das águas, estes aspectos devem ser levados em consideração. A heterogeneidade do território brasileiro apresenta características que remontam à alta demanda e baixa disponibilidade, bem como baixa demanda e alta disponibilidade hídricas.

Além das 12 regiões hidrográficas, o PNRH também apresenta 56 unidades de planejamento, com intuito de cumprir melhor objetivos relacionados à manutenção da disponibilidade hídrica, a redução de conflitos de uso da água e a conservação da água como valor socioambiental de grande relevância.

Estudos e propostas que viabilizem a utilização saudável e equilibrada das águas devem ser amplamente propostos em distintos cenários, sobretudo no atual, onde se configura uma grande crise ambiental e escassez hídrica, de modo a garantir que os recursos se mantenham para as gerações futuras.

Sendo assim, os indicadores de sustentabilidade hidroambientais aparecem como ferramentas capazes de subsidiar o monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável hídrico, tendo como função principal a revelação de informações sobre o estado das diversas dimensões (ambientais, econômicas, socioeconômicas, culturais, institucionais etc.) que compõem o desenvolvimento sustentável do sistema que se pretende conhecer, monitorar e aprimorar (CARVALHO; CURI; LIRA, 2013, p.37).

As diferentes formas de uso e ocupação do solo interferem na qualidade dos sistemas aquáticos locais, seja de forma direta, cujo contato de elementos gera a modificação dos parâmetros físico-químicos e biológicos naturais da mesma, ou de

forma indireta, onde se constatam alterações no entorno dos cursos d'água, por meio de processos que possam alterar a qualidade e estrutura dos solos e das diferentes formas de vegetação próximas ao corpo hídrico.

A agricultura e a pecuária, apesar de serem atividades relevantes na produção de alimentos, resultam em danos significativos ao meio ambiente. Dentre os impactos mais comuns, tem-se a retirada da vegetação natural e, em muitos casos, das matas ciliares, contribuindo para o desenvolvimento de processos erosivos. O desmatamento, por si só, é fator preponderante na lixiviação superficial (ou escoamento superficial) e lixiviação profunda, contribuindo para a lavagem do solo, e acarretando empobrecimento do mesmo. Com o solo mais pobre, intensificam-se os usos de fertilizantes e produtos agroquímicos durante a produção. O destino da carga química é justamente o curso d'água mais próximo e, posteriormente, demais corpos hídricos da bacia hidrográfica. A homogeneização das áreas em detrimento do plantio de uma mesma cultura também favorece o surgimento de pragas e predadores específicos, gerando desequilíbrios no ecossistema local e regional. A criação de pastagens também favorece a diminuição da diversidade vegetal, uma vez que se trata de uma monocultura. Da mesma forma, o pisoteio de animais de um determinado rebanho favorece o adensamento do solo, intensificando processos erosivos (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

Tais atividades dependem substancialmente da água para o seu desenvolvimento. A alta carga de materiais orgânicos e químicos oriundos da agropecuária é carreada por processos de escoamento superficial (facilitado pelo adensamento do solo, pelo pisoteio do gado e pelo peso do maquinário agrícola sobre o solo) até os cursos d'água próximos, gerando alterações diretas no ecossistema aquático, o que poderá ocasionar prejuízos socioeconômicos para as populações que dependem do uso da mesma (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000). Quanto maior o adensamento e a declividade do solo, maior o escoamento e, da mesma forma, a susceptibilidade ao processo erosivo:

Embora o processo de erosão do solo ocorra mesmo em ecossistemas naturais, seu considerável aumento, que acontece em muitos sistemas agrícolas, é sempre sintoma de declínio da fertilidade do solo e de graves avarias ou destruição total de grandes áreas anteriormente férteis e aráveis, noticiadas de todos os continentes do mundo (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004, p.26).

Importante considerar que os distintos usos da água não afetam somente a qualidade, mas também a disponibilidade hídrica, o que pode afetar crises nos sistemas de abastecimento para distintos fins.

Um dos usos de maior relevância se refere à agricultura e pecuária. A irrigação, por exemplo, enquanto ferramenta indispensável para a manutenção da produção agrícola, torna-se um problema na medida em que se constata um quadro de deficiência hídrica. Houve um aumento considerável da agricultura irrigada no Brasil nas últimas décadas. Em 2012, a área projetada para irrigação foi de 5,8 milhões de hectares, o que corresponde a 20% do potencial nacional, que é de 29,6 milhões de hectares.

Embora haja um aumento considerável das áreas irrigadas, a área plantada não acompanha o mesmo ritmo de crescimento. A tendência é que tais áreas não cresçam tanto, devido ao fato de que a incorporação de novas terras torna-se inviável na medida em que o custo de produção também se eleve em detrimento do investimento em projetos de irrigação ou outros custos relacionados à demanda hídrica.

A grande área plantada e a imensa produtividade garantem ao país um status de importante produtor e fornecedor de alimentos no cenário internacional. Contudo, ainda se constata a existência de sistemas de irrigação de pouca racionalidade da água.

Atividades como abastecimento urbano, agropecuária e pesca exigem padrões mais rigorosos no que tange à qualidade da água, visto que seus subprodutos serão consumidos pela população. Em contrapartida, a utilização do recurso hídrico para fins de geração de energia elétrica e navegação exigem menor qualidade se comparadas às formas de uso citadas anteriormente.

A Resolução CONAMA n.º 357 de 2005 estabelece uma classificação das águas doces, salobras e salinas do território brasileiro. Ela atualiza os dispositivos da Resolução CONAMA, n.º 20, de 18 de junho de 1986. A classificação considera a necessidade de se assegurar os níveis de qualidade da água, avaliados por parâmetros e indicadores, possibilitando usos específicos.

As águas doces são divididas em cinco classes de usos, as quais são representadas no quadro a seguir:

Quadro 9 – Classificação de águas doces conforme Resolução n.º 357 de 2005

Classe	Águas destinadas
I - Classe Especial	a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção. b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
II - Classe 1	a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
III - Classe 2	a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
IV - Classe 3	a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à dessedentação de animais.
V - Classe 4	a) à navegação; b) à harmonia paisagística; c) aos usos menos exigentes.

Fonte: Resolução CONAMA, n.º 357 de 2005.

As exigências dos usos em relação à qualidade da água variam significativamente. Os padrões físico-químicos e microbiológicos das águas destinadas à navegação, por exemplo, são bastante distintos a aqueles destinados ao abastecimento doméstico. Desta forma, é importante frisar que tais padrões são estabelecidos mediante um juízo de valor sobre uma determinada realidade ambiental e sobre o uso que se pretende fazer do recurso. Ou seja, a partir desta premissa é possível verificar se a qualidade da água está adequada ou inadequada para o uso pretendido (PHILIPPI JR.; SILVEIRA, 2005).

Tratando-se de consumo humano por meio do “abastecimento doméstico”, as classes “Especial e Classe I” exigem apenas processos simples de desinfecção e/ou tratamento simplificado, enquanto que nas Classes II e III, são exigidos tratamentos convencionais. Verifica-se no quadro que as exigências variam significativamente em relação aos usos propostos. Para compreender as classes propostas, é necessária uma avaliação que discuta proeminente a questão da qualidade das águas e seus respectivos parâmetros normalmente analisados.

Em uma visão mais analítica acerca dos usos e qualidades requeridas para determinadas atividades, Von Sperling (1996), faz associações importantes, como se observa no Quadro 10.

Quadro 10 – Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade

Uso Geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Adequada para serviços domésticos Baixa agressividade e dureza Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de macrorganismos)
Abastecimento industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)
	Água entra em contato com o produto	Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeiras)	Baixa dureza Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Salinidade não excessiva
	Demais plantações	Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações Salinidade não excessiva
Dessedentação de animais	-	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e fauna	-	Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Aqüicultura	Criação de animais	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais e dos consumidores Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais e consumidores Disponibilidade de nutrientes
	Criação de vegetais	Isenta de substâncias químicas tóxicas aos vegetais e aos consumidores Disponibilidade de nutrientes
Recreação e Lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe)	Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde Isenta de organismos prejudiciais à saúde Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	Aparência agradável

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 1996.

A análise das associações propostas pelo autor revela que, em grande parte das qualidades requeridas, encontram-se elementos relacionados direta ou

indiretamente com a saúde humana e animal, isto é, que a água não apresente aspectos físicos ou químicos que possam ocasionar malefícios a estes grupos.

Enquanto as resoluções e leis citadas anteriormente focam aspectos relacionados à água em si, bem como seu gerenciamento, uma outra lei de grande importância visa estabelecer critérios para a proteção dos ambientes próximos/no entorno dos corpos hídricos.

A Lei n.^º 12.651 de 25 de maio de 2012 (Código Florestal) estabelece normas gerais que visam assegurar a proteção da vegetação, das APPs e de Reserva Legal, bem como normas para a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima e controle de produtos de origem florestal, prevenção de incêndios e prevê instrumentos para que tais premissas sejam alcançadas. Trata-se da revogação da Lei n.^º 4.771, de 15 de setembro de 1965, denominada de Código Florestal.

A referida lei é pautada no desenvolvimento sustentável e comprehende a importância estratégica do setor agropecuário no que tange ao crescimento econômico do País, ainda que as atividades deste ramo sejam as que mais ameacem a existência da cobertura vegetal nativa dos diferentes biomas existentes em território nacional.

As APPs são de suma importância para manutenção do equilíbrio ecológico e manutenção dos ecossistemas locais. Elas também possuem função estratégica no que tange à prestação mínima de serviços à sociedade, como fornecimento de água para abastecimento, ainda que sofram significativamente intervenção humana.

Assim como as Unidades de Conservação – UC previstas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, funcionam como importantes bases para preservação do patrimônio genético animal e vegetal, além de se constituírem como importantes corredores ecológicos para a dinamização de fluxo gênico entre as diferentes áreas de preservação (RICETO, 2011).

Para efeito de Lei, são consideradas Áreas de Preservação Permanente em zonas rurais ou urbanas, dentre outras do mesmo artigo:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos)

a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; [...]

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; [...]

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012)⁵.

Em áreas com grandes quantidades de corpos d'água, as APPs permitem maior aeração e permeabilidade do solo por meio da atividade biológica da cobertura vegetal e de suas respectivas raízes. Desta forma, reduz-se o risco de enchentes e inundações e, em determinadas situações, evitam o assoreamento dos cursos d'água. A manutenção destas áreas nas margens e nascentes de rios, também denominadas de matas ciliares ou ripárias, é fundamental, portanto, para a sobrevivência dos rios.

Em áreas de grande inclinação, as APPs possuem função de preservar a estabilidade geológica de determinadas áreas, evitando compactação e redução da infiltração da água em topos de morros e encostas, sendo estes importantes para a recarga hídrica de aquíferos e nascentes. Da mesma forma, em termos geotécnicos, são essenciais para a atenuação de riscos relacionados a deslizamentos e demais movimentos de massas, que podem ocasionar desastres de grandes proporções, como frequentemente ocorre em regiões serranas no Brasil (BRASIL, 2011). Por outro

⁵Foram destacados os incisos do *caput* de relevância para o recorte espacial pesquisado neste trabalho, no caso, a bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, desconsiderando-se incisos que abordassem áreas litorâneas ou de altitudes significativamente elevadas.

lado, mesmo sendo a ocupação destas áreas uma atividade ilegal, revela o descompasso entre o planejamento e gestão urbanos no Brasil, acusando problemas de especulação e desigualdade social.

Dentre várias outras funções, as APPs também são consideradas de grande relevância na manutenção do conforto e qualidade térmicos, denotando de grande importância sobretudo em áreas densamente urbanizadas. A manutenção dessas áreas, seja em ambiente urbano ou rural, depende, além de instrumentos e políticas, projetos e propostas relacionadas à educação ambiental.

4.4 Parâmetros de Análise da Qualidade Hídrica

A avaliação da qualidade da água visa a análise de uma série de parâmetros físicos, químicos, biológicos e bioquímicos, que permitirão a identificação de inconformidades por meio da acusação de presença e valores de substâncias além dos padrões determinados por indicadores ambientais e legais. Alguns parâmetros podem ser destacados: a Temperatura (T), o Oxigênio Dissolvido (OD), o Potencial Hidrogeniônico (pH), a cor, a Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO), turbidez, coliformes, fósforo, nitratos, entre outros.

Em sequência, caracterizam-se os principais parâmetros de análise hídrica e, levando em consideração que grande parte destes é utilizada neste trabalho.

O primeiro é a temperatura, sendo que esta exerce efeito significativo sobre as atividades biológicas e reações químicas na água, como por exemplo, sobre o potencial de solubilidade de gases e sobre a densidade dos mesmos, influenciando na variação da concentração da microbiota, ou até mesmo na concentração de oxigênio na água.

Collischonn e Tassi (2010) afirmam também que há casos de poluição térmica em cursos d'água, normalmente relacionados ao lançamento de efluentes que alteram profundamente a temperatura da água local. Isto ocorre próximo às usinas termoelétricas e termonucleares, onde a água é devolvida ao curso com altas temperaturas após processos de resfriamento durante a geração de energia.

O oxigênio dissolvido na água é fundamental para a dinâmica de processos metabólicos de organismos aeróbicos presentes na água, sendo indispensável para a

vida dos mesmos. A variação deste parâmetro de forma exorbitante pode acarretar a morte de animais, sobretudo peixes, que dificilmente se adaptam a grandes concentrações (KEGLEY; ANDREWS, 1998).

Em contrapartida, a queda na concentração do mesmo pode indicar alto consumo de oxigênio, o que normalmente ocorre pela elevação da temperatura e grande presença de bactérias aeróbicas que irão consumir a matéria orgânica, o que pode acarretar eutrofização do corpo hídrico.

A concentração do OD na água se eleva quando há grande produção de oxigênio por processos de fotossíntese de plantas e algas aquáticas ou por quedas d'água que promovam reareação no contato da água com a atmosfera. A relação do OD para com a temperatura e salinidade da água é conhecida por concentração de saturação. A nível zero de salinidade bem como condições normais de pressão atmosférica a nível do mar, tem-se a seguinte variação:

Quadro 11 – Concentração de OD de saturação para diferentes temperaturas da água.

Temperatura da água (°C)	Concentração de OD (mg.l ⁻¹)
0	14,6
5	12,7
10	11,3
15	10,1
20	9,1
25	8,2
30	7,5
40	6,4

Fonte: COLLISCHONN, TASSI, 2010.

O pH expressa a intensidade de acidez ou alcalinidade na água, por meio da concentração de íons de hidrogênio na solução, adotando um padrão de referência que varia de 0 a 14. Valores cujos pHs são menores que 7 indicam acidez; valores iguais a 7 indicam neutralidade e aqueles superiores a 7 indicam alcalinidade na solução aquosa. Águas naturalmente tendem a apresentar pH próximo a neutralidade, contudo, características do solo e a atividade fotossintética podem contribuir para alteração do potencial (BRASIL, 2006).

O valor do pH influi na variabilidade da solubilidade de diversas substâncias, bem como no seu potencial de toxicidade. É um parâmetro indispensável também no

controle do processo de coagulação, importante para o processo de tratamento de água.

A cor, por sua vez; é um parâmetro de natureza estética e nem sempre indica poluição ou degradação do recurso hídrico. Ela representa a dissolução de substâncias da água, bem como a decomposição de matéria orgânica. Em sistemas de tratamento, a cor elevada na distribuição doméstica pode representar alta concentração de cloro residual.

A determinação da cor é feita por comparação visual ou equipamento espectrofotométrico, e a unidade de medida é a Unidade de Medida de Cor – UC (PHILLIP JR.; MARTINS, 2005).

A turbidez, não menos importante, tem importância estético-organoléptica, na medida em que acusa materiais em suspensão, tornando a água turva e dificultando a penetração da luz na água, ocasionando retardo no processo fotossintético e podendo reduzir a quantidade de oxigênio na água. As partículas presentes podem ser material particulado, como areia, silte, argila, plânctons, matéria orgânica, entre outros. O material disperso em diferentes profundidades reflete e absorve radiação eletromagnética, espalhando a luz de forma heterogênea (MEDEIROS, 2003).

Em relação à matéria orgânica, tem-se a DBO, já apresentada nos procedimentos metodológicos, e a Demanda Química de Oxigênio – DQO, que visam apresentar a demanda de oxigênio necessária para estabilização da mesma, isto é, representando a quantidade de oxigênio consumida pela ictiofauna e microrganismos aeróbicos locais, bem como o que é gasto na oxidação da matéria orgânica.

Os Sólidos Totais Dissolvidos – STD correspondem ao total de materiais particulados dissolvidos na água, podendo indicar presença de agregados químicos de caráter contaminante. Tais substâncias dissolvidas na água podem ser de diferentes fontes e estão associadas também a outros parâmetros de análise. Dentre as fontes primárias, podem ser destacadas a atividade agrícola, lançamento de efluentes industriais e domésticos.

Nitrogênio Total (N_{Total}) e Fósforo Total (P_{Total}) - Nitrogênio é encontrado em meio aquático de diferentes formas, como nitrogênio molecular, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal. Assim como o Fósforo, trata-se de um nutriente que compõe microrganismos. Contudo, a origem do Fósforo em meio natural

está associada a processos de decomposição de matéria orgânica e intemperismo químico sobre rochas, durante processo de formação de solos. Fósforo pode ser encontrado nas formas de fósforo orgânico, fosfatos ($P-PO_4^-$), polifosfatos (VON SPERLING, 1996).

Embora ambos sejam de ocorrência natural e sejam de grande importância para o desenvolvimento de organismos (PIVELI; KATO, 2005), sua ocorrência em demasiada concentração, derivada da interferência antropogênica – como, por meio de lançamento de efluentes industriais e escoamento da agricultura –, pode ocasionar desequilíbrios ecológicos severos, uma vez que eleva as taxas de produtividade primária, provocando supercrescimento de plantas vasculares e consequente esgotamento de oxigênio dissolvido (ANA, 2011).

Por provocar a queda indireta nas taxas de OD, esses corpos hídricos podem se tornar hipereutróficos, isto é, grande concentração de nutrientes e baixa disponibilidade de oxigênio. Outro efeito é a acidificação, o que levará a impactos quanto à biodiversidade aquática local (ANA, 2011).

Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-), por sua vez, são encontrados em efluentes domésticos e são de suma importância para indicar poluição dos corpos hídricos. O nitrito pode ocorrer pela oxidação do amônio e pela redução do nitrato. Os valores máximos de nitrito e nitrato para consumo humano são de 1,0mg/L e 10mg/L, respectivamente (EMBRAPA, 2011).

Amônio (NH_4^+), ou amônia ionizada, como é conhecida, não ocorre em grandes quantidades em águas naturais, pois é degradada biologicamente por processos de decomposição da matéria orgânica. Contudo, mediante grandes lançamentos de efluentes domésticos e industriais, ou até mesmo por fertilizantes, pode ser encontrada.

Os diferentes tipos de cloretos, por sua vez, podem estar associados à contaminação das águas por meio do lançamento de efluentes domésticos e industriais, como o de sódio, o de potássio e o de cálcio. Trata-se de um parâmetro importante para fins de consumo humano. Eles podem alterar o sabor e, conforme padrão de potabilidade brasileiro, o valor máximo permitido é de 250 mg/L (BRASIL, 2006).

Ferro (Fe^{3+}) e Manganês (Mn^{4+}), de acordo com Von Sperling (1996), apresentam-se indissolúveis em uma grande variedade de solos. Quando na ausência de oxigênio dissolvido – casos comuns em água subterrânea, lagos e águas represadas –, se apresentam na forma reduzida e, se expostos ao ar atmosférico, se oxidam, gerando coloração típica.

Outros dois parâmetros analisados em trabalhos de qualidade hídrica são Sabor e Odor. Estão associados às interações entre sabores e outras propriedades organolépticas. Valores acentuados podem acusar presença de contaminantes e /ou substâncias potencialmente perigosas à saúde humana.

O alumínio é um elemento abundante na natureza e é frequentemente utilizado em processos de tratamento de água. Contudo, algumas pesquisas sugerem a relação do mesmo para com o surgimento de doenças crônico-degenerativas, como Alzheimer. A concentração máxima indicada é de 0,2 mg/L (BRASIL, 2006).

O parâmetro condutividade refere-se à capacidade de determinado corpo hídrico em relação à condução de corrente elétrica. Depende de uma mescla de características relacionadas à presença de íons, valência, temperatura, entre outros. Pode ser aferida utilizando-se de um condutivímetro e a medida é expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou mS cm^{-1} (EMBRAPA, 2011).

A dureza é expressa pela quantidade de CaCO_3 e reflete a soma de cátions bivalentes presentes em solução aquosa. De forma prática, demonstra a soma das concentrações de íons de cálcio e magnésio na água, como resultado de lançamento de despejos industriais ou dissolução de rochas calcárias. O método para se aferir a dureza é a titulometria (VON SPERLING, 1996).

A alcalinidade total refere-se à propriedade que indica presença de bases fortes e fracas, que atuam como neutralizadores de substâncias de caráter ácido.

Os compostos responsáveis pela alcalinidade total são sais que contém carbonatos (CO_3^{2-}), bicarbonatos (HCO_3^-), hidróxidos (OH^-) e, secundariamente, aos íons hidróxidos, como cálcio e magnésio, silicatos, boratos, fosfatos e amônia. Os minerais com capacidade tampão mais comuns são calcita (CaCO_3), Magnesita (MgCO_3), dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) e brucita (Mg(OH)_2) (EMBRAPA, 2011, p. 15).

Outros elementos e compostos são de suma importância para análise físico-química por indicarem aspectos importantes nas amostras, como Sódio (Na^+),

Potássio (K^+), Sulfato (SO_4^{2-}), Fluoreto (F^-), entre outros. Contudo, frisa-se que a determinação dos parâmetros depende dos objetivos e das relações que o pesquisador pretende promover.

Há outros parâmetros de grande importância que revelam uma grande carga de poluentes relacionados à matéria orgânica. A contaminação da água pela poluição orgânica é uma das formas mais comuns de degradação dos recursos hídricos. Caracteriza-se pela presença significativa de resíduos orgânicos nos corpos hídricos, o que acarretará a proliferação de bactérias responsáveis pela degradação da matéria orgânica e, por consequência, o consumo exacerbado de oxigênio. Desta forma, aumenta-se a demanda biológica por oxigênio, provocando desequilíbrios e podendo acarretar a mortandade da ictiofauna local.

Essa modalidade de contaminação é um dos grandes desafios das gestões públicas nos dias atuais, sobretudo no abastecimento público para consumo humano. A cadeia alimentar é afetada por substâncias carreadas até os cursos d'água, passando por micro-organismos, vegetais, peixes e então o homem (VALLE, 2010).

De acordo com Von Sperling (1996), a matéria carbonácea pode ser dividida em dois grandes grupos: não biodegradável e biodegradável, ambas em suspensão e dissolvidas, podendo ser gordura e óleos, surfactantes, fenóis, pesticidas, uréia, entre outros.

Além do aumento considerável da demanda por oxigênio, tem-se a presença de organismos patogênicos responsáveis por inúmeras doenças, como vírus, bactérias e protozoários, cuja contaminação está associada às fezes humanas e de animais, afetando potencialmente a potabilidade da água. Além destes introduzidos por humanos e animais, há também grupos de micro-organismos endêmicos em determinadas regiões, capazes de se proliferarem naturalmente, podendo ocasionar graves problemas de saúde que podem levar indivíduos doentes a óbito (ANA, 2011).

De acordo com Rebouças, Braga e Tundisi (2006), o uso da água para consumo humano está sujeito a padrões de potabilidade definidos – no Brasil – pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria n.º 36/90, adotando valores máximos permitidos – VMP, também adotados pela Organização Mundial da Saúde – OMS, *United States Environmental Protection Agency* – USEPA, Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT e *United States Public Health Service* – USPHS.

Neste contexto de poluição pela presença de agentes biológicos, a Portaria n.º 36/90 do Ministério da Saúde cita algumas definições importantes:

[...] **Grupo Coliformes**: todos os bacilos gram-negativos aeróbios ou aeróbios facultativos não formadores de esporos oxidase-negativos capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (surfactantes) com propriedades similares de inibição de crescimento e que fermentam a lactose com produção de aldeído ácido e gás a 35°C (trinta e cinco graus Celsius) em 24-48 (vinte e quatro - quarenta e oito) horas. Quanto às técnicas de defecção considera-se do Grupo Coliformes aqueles organismos que na técnica dos tubos múltiplos (ensaios presuntivo e confirmatório) fermentam a lactose com produção de gás a 35°C (trinta e cinco graus Celsius) no caso da técnica da membrana filtrante aqueles que produzem colônias escuras com brilho metálico a 35°C (trinta e cinco graus Celsius) em meios de cultura do tipo Endo no prazo máximo de 24 (vinte e quatro) horas; [...] **Coliformes Fecais ou Coliformes Termotolerantes**: são as bactérias do grupo coliformes que apresentam as características do grupo porém à temperatura de incubação de 44,5°C (quarenta e quatro e meio graus Celsius), mais ou menos 0,2 (dois décimos) por 24 (vinte e quatro) horas (grifo nosso).

As bactérias do grupo dos coliformes, como se observa na definição técnica da Portaria, são responsáveis pela produção de compostos químicos prejudiciais à saúde em temperaturas que são alcançadas normalmente em condições ambientais, como é o caso do corpo humano. Estes grupos de bactérias, em especial o dos coliformes fecais, estão associados ao ambiente do intestino de animais, contudo, com ausência de prejuízos a estes indivíduos quando restritos ao seu aparelho digestório. A presença destas bactérias em grandes quantidades na água pode indicar lançamentos de efluentes domésticos (esgotos domiciliares).

Contudo, sendo considerado o indicador mais preciso de contaminação fecal, tem-se a bactéria *Escherichia coli*, bactéria do grupo coliforme que, conforme definição técnica de Brasil (2006, p.84), “fermenta a lactose e o manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase [...].”.

A análise sistemática dos parâmetros supracitados, sejam eles de origem física, química ou biológica, permitirá a tomada de decisões centradas em relação ao uso e ao gerenciamento dos recursos hídricos, sobretudo quanto à observância das classes e exigências de qualidades previstas na legislação vigente.

4.5 Índice de Qualidade das Águas

A análise conjunta dos parâmetros que visam avaliar o estado físico-químico e microbiológico das águas pode resultar na elaboração de um índice que permite o delineamento da qualidade dos corpos hídricos. Diferentes órgãos gestores responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas empregam índices semelhantes, com pequenas variações no que tange a especificidades locais, relacionadas normalmente às formas de uso e ocupação do solo.

Nesta perspectiva, Rodrigues (2008, p. 65) afirma que:

A avaliação dos recursos hídricos tem sido considerada um importante instrumento de gestão ambiental que consiste no manejo de um conjunto de ações capazes de envolver diversos agentes sociais, econômicos e culturais tendo como objetivos compatibilizar os diversos usos da água, bem como disciplinar as ações antrópicas que se inserem nas políticas estabelecidas para atingir o almejado desenvolvimento sustentável.

De acordo com Sarkar e Abassi (2006), a avaliação do IQA se dá por meio da síntese dos parâmetros avaliados em somente um dígito, podendo ser utilizado ao longo do tempo para comparar a qualidade da água de um mesmo ponto ao longo do tempo, ou para com outros pontos. Essa avaliação ampla sintetizada em um único índice, no qual distintos parâmetros recebem diferentes pesos, compreende a importância da água para a vida humana e a manutenção da qualidade dos ecossistemas.

Os índices e os respectivos pesos para cada parâmetro devem levar em consideração aspectos e realidades locais, os quais podem sofrer influências naturais (edáficas, climáticas, geológicas, por exemplo) ou artificiais, mediante distintos graus de intervenção. Desta forma, é comum verificar alterações nos índices, mediante modificações propostas por autores e/ou instituições responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas. Não se verifica, portanto, uma aceitação de um único índice a nível internacional (SUTADIAN et al., 2015).

Sarkar e Abassi (2006, p. 202) afirmam que:

The philosophy of employing indice to characterize the status of the environment is not a novel one; the concept has its roots in subjects like economics and commerce (Fisher, 1922; Diewert, 1993). A considerable bulk of literature on the index theory has evolved over time by the work of various economists. The most extensively employed is the consumer price index (CPI) which is a single value indicator of the status of the market at any given instant, on the basis of prices of certain communities. Then there is also the share

price index which gives an indication of the overall status of a country's economy. Subjective environmental indice that are presently employed are thus, the offshoots of the axiomatic indice devised by economists to quantify the spatial and temporal changes in economy.

Os autores mostram que as bases que sustentaram o desenvolvimento dos índices de qualidade de água associam-se às premissas econômicas e comerciais. Desta forma, a percepção econômica se mostra de grande valia no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, seja para fins de valoração e consequente controle do uso, bem como para a comercialização da mesma.

Há de se considerar também a visão que a sociedade apresenta a respeito do recurso hídrico ao longo dos anos. O primeiro índice foi proposto em 1848 na Alemanha (SARKAR; ABASSI, 2006), com intuito de averiguar a presença de determinados organismos, o que poderia indicar poluição ou concentração de comunidades de organismos microscópicos ou macroscópicos. A grande demanda pelo recurso incentivada pelo avanço industrial europeu induziu a reprodução da adoção do índice por parte de países vizinhos no período.

No entanto, as primeiras classes de enquadramento da qualidade de cursos d'água a partir dos resultados do IQA foi proposto por Horton (1965), levando-se em consideração três critérios básicos para o desenvolvimento de um índice moderno e prático: 1- o número de variáveis a serem elencadas no índice deve ser limitado, afim de se evitar grande complexidade e/ou impraticabilidade do mesmo; 2- as variáveis devem ser de importância/relevância na maioria das áreas; 3- somente as variáveis, das quais há dados confiáveis devem ser incluídas.

Tamanha é a variabilidade dos índices na atualidade que, alguns trabalhos se remetem ao estudo das múltiplas aplicações dos mesmos, como é o caso de Sutadian et al. (2015), que analisaram 30 IQAs em 66 artigos científicos publicados em periódicos científicos, 30 relatórios de agências governamentais responsáveis pelo monitoramento da qualidade hídrica de diferentes localidades, e 4 artigos em conferências, destacando-se alguns periódicos que contribuíram significativamente para a pesquisa, como *Environmental Monitoring and Assessment*, *Water Research*, *Journal of Environmental Engineering*, *Environmental Management*, *Ecological Indicators* e *Water Science and Technology*.

É comum também a existência de Índice de Qualidade de Água Bruta – IAP, para fins de Abastecimento Público, o qual leva em consideração o IQA básico proposto pela CETESB (2016b), a presença de substâncias tóxicas e metais pesados (como chumbo, mercúrio e cádmio) e daquelas que possam alterar as propriedades e qualidades organolépticas da água (PEREIRA, 2015).

Outros índices, como o Índice de Estado Trófico – IET, têm sido frequentemente utilizados em trabalhos semelhantes. Este índice citado visa avaliar o aumento na concentração de nutrientes e tem por finalidade:

[...] classificar corpos d"água em diferentes graus de trofia, ou melhor, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (PEREIRA, 2015, p. 32).

Muitas pesquisas desenvolvidas no Brasil, bem como empresas de saneamento empregam o IQA desenvolvido pela NSF, bem como suas adaptações, que é internacionalmente conhecido por *Water Quality Indice* – WQI (JERÔNIMO; SOUZA, 2013).

O produto do IQA – NSF resulta da adição da multiplicação dos resultados de cada variável pelo respectivo peso atribuído, sendo o conjunto composto por nove variáveis, as quais são empregadas nesta pesquisa, de acordo com descrição apresentada no tópico referente aos procedimentos metodológicos adotados.

4.6 Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios

Diversas agências governamentais de controle da qualidade ambiental têm utilizado diferentes métodos de avaliação ecológica de rios, suas cabeceiras e todo seu entorno, levando-se em consideração a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Buscam uma abordagem com a disposição de um sistema de referência que visa avaliar as condições de preservação da biodiversidade e da qualidade ambiental. Desta forma, ao avaliar distintos ambientes, compararam diferentes graus de intervenção antrópica e, por meio de relatórios, apontam em níveis diferentes de urgência a necessidade de adequação ambiental, restauração e conservação de bacias hidrográficas (CALLISTO, et al., 2002; RODRIGUES, 2008).

Uma dessas técnicas de avaliação e monitoramento é o protocolo de avaliação rápida de rios – PAR, que se constitui em um sistema de avaliação qualitativa rápida de recursos hídricos superficiais que, em âmbito geral, indica com certo grau de precisão, a qualidade ambiental dos cursos d'água e seus respectivos entornos/ambientes (BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014). Diferentemente de análises geoestatísticas, como aquelas realizadas por meio de uso de técnicas específicas em sistemas de informações geográficas, esta modalidade de avaliação caracteriza-se por análises *in locu*, isto é, no exato local de ocorrência dos fenômenos analisados.

A variabilidade de parâmetros inclui, além de variáveis ecológico-ambientais, aspectos e formas de uso e ocupação, demonstrando graus de intervenção antrópica. Assim, o observador, na perspectiva espacial, é guiado por uma sequência de variáveis, que vão, desde a presença e densidade de matas ripárias, até a proximidade de instalações e empreendimentos industriais próximos.

Se realizados em conjunto com análises geoestatísticas e espaciais, estas ferramentas apresentam grande valor científico para pesquisas de cunho ambiental. A diferença básica entre ambas se estabelece pela necessidade da realização de trabalhos de campo por parte das avaliações rápidas, necessitando assim, de planejamento prévio, evitando contratemplos provenientes de intempéries climáticas (como eventos pluviométricos concentrados em períodos chuvosos), identificando vias de acesso e até mesmo período do dia relacionado à coleta e amostragem.

Dois PARs destacam-se em meio a trabalhos acadêmicos no ramo da qualidade ambiental e hídrica, devido à sua eficácia e acurácia na obtenção de valores que se enquadram na realidade. O primeiro é o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EPA, 1987, apud Callisto et al., 2002), modificado por Callisto et al. (2002), e o segundo é o protocolo de Hannaford et al. (1997), empregados parcialmente, modificados ou em conjunto por Moraes e Brigante (2010); Vargas e Ferreira Júnior (2012); Bizzo, Menezes e Andrade (2014).

Muitos destes documentos, além da análise das condições ambientais do entorno dos cursos d'água, visam análises na perspectiva lótica, isto é, relacionadas à limnologia e comunidades aquáticas de macroinvertebrados bentônicos. Desta

forma, constituem-se também enquanto instrumentos de avaliação e monitoramento de comunidades aquáticas (RODRIGUES, 2008).

Avaliando-se em conjunto os dois PARs, verifica-se a existência de 22 parâmetros que permitem qualificar o habitat em seus diferentes aspectos. O protocolo facilita a análise ambiental, fornecendo informações úteis no gerenciamento e preservação dos recursos hídricos, podendo ser adaptado conforme necessidades e/ou realidades locais.

Porém, por se tratar de uma análise visual de ecossistemas fluviais, os pesquisadores devem estar preparados para a avaliação e aplicação dos protocolos, necessitando também conhecer anteriormente a área onde se pretende aplicar a avaliação (CALLISTO et al., 2002).

5 DIAGNÓSTICO DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA

A expansão do agronegócio em áreas do Brasil central favorece a instalação de formas de uso e ocupação pautadas em atividades econômicas que podem gerar prejuízos ambientais significativos, se não levadas em considerações ações pautadas na gestão ambiental. Desta forma, não somente as APPs correm risco de degradação, mas também a biodiversidade e os recursos hídricos como um todo.

Esta realidade não é unicamente brasileira. Conforme alerta relatório das Nações Unidas GEO-5 (UNEP, 2012), verifica-se a ocorrência de um acelerado processo de desmatamento no mundo, resultando em perdas globais da cobertura florestal, em detrimento de atividades econômicas e da expansão urbana. Os dados apontam uma perda de 13 milhões de ha/ano. Na década de 2000 e nas anteriores, os valores ainda eram maiores; mesmo com relativa queda, acredita-se que estes valores ainda são exorbitantes e não asseguram a manutenção das áreas florestais, uma vez que projetos de reflorestamento são incipientes, também apresentando falhas no que tange o não acompanhamento da dinâmica ecossistêmica natural, ou desuso de espécies nativas e/ou pioneiras.

Diante deste contexto, faz-se necessária a análise da condição ambiental das áreas de preservação, sobretudo aquelas presentes às margens de rios e córregos. Por meio deste diagnóstico, é possível que os órgãos governamentais delimitem ações para evitar o avanço dos processos de desmatamento, preservando assim a vegetação nativa, as nascentes e os cursos d'água.

5.1 Diagnóstico de Adequação Ambiental

O equilíbrio do sistema ambiental de uma bacia é fortemente influenciado pela presença das APPs, assim como das demais modalidades de áreas verdes protegidas prescritas no SNUC. A manutenção da vegetação ripária, isto é, ao longo dos cursos, é de grande importância para a conservação dos rios e nascentes.

Para fins práticos, a Lei n.º 12.651 de 2012 determina que a largura de tais áreas deve ser mantida em virtude da largura do curso d'água, conforme disposto no Quadro 12.

Quadro 12 – Largura das Áreas de Preservação Permanente em rios

Largura do curso d'água	Largura da APP para cada margem do curso d'água
Menos de 10 metros	30 metros
De 10 a 50 metros	50 metros
De 50 a 200 metros	100 metros
De 200 a 600 metros	200 metros
Mais de 600 metros	500 metros

Fonte: Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012.

Em bacias de menor densidade hidrográfica e tamanho, como a do Ribeirão da Areia, larguras acima de 10 metros não são comuns. Contudo, essa representação não deve deixar de caracterizar a importância da manutenção das matas ciliares e demais áreas de proteção ao longo dos cursos hídricos. Assim sendo, é imprescindível que haja um equilíbrio entre as distintas formas de uso e ocupação com a manutenção das áreas verdes com suas respectivas funções ecológicas.

As APPs são cobertas ou não por vegetação nativa, tendo como função, além da já citada preservação da biodiversidade, a estabilidade geológica e pedológica (VALLE JR. et al., 2010), uma vez que protegem o solo e estabilizam o escoamento superficial rápido, responsável pela deposição de sedimentos sobre os cursos d'água, promovendo processos de assoreamento.

Em relação à Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia, não há APPs nas margens dos cursos d'água com mais de 100 m de largura, pelo fato dos córregos e ribeirões presentes na área não ultrapassarem 50 m de largura.

Conforme Novo Código Florestal, Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012, as nascentes, compreendidas enquanto afloramento de água natural proveniente do lençol freático, bem como olhos d'água perenes, independentemente de sua situação topográfica, apresentam APP com raio de 50 m. Os mapas a seguir apresentam espacialização da APP de nascentes e cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia. Em virtude do tamanho total da área da bacia, optou-se pela fragmentação da área para melhor visualização.

Foram contabilizadas 386 nascentes na área, por meio da origem dos canais delimitadas através de técnicas de Geoprocessamento. As APPs correspondentes às

nascentes contabilizam uma área de 3,02 km², o que equivale a 302 ha. Já em relação aos segmentos dos canais fluviais, tem-se uma área de 66,886 km², isto é, 6.688,6 ha.

Parte da APP da bacia encontra-se onerada, conforme disposto no subcapítulo a seguir, devido às formas de uso e ocupação associadas às atividades agropecuárias. Grande parte da mata ciliar, ao longo dos principais cursos d'água da bacia, foi retirada para desenvolvimento de pastagens e/ou culturas, como a de milho, soja, tomate irrigado, entre outras. Em alguns casos, é perceptível a proximidade de culturas irrigadas por sistema de pivô central para com os córregos e ribeirões locais, não respeitando as APPs.

O Mapa 10 apresenta a porção do alto curso da bacia, mostrando as principais formas de uso e ocupação do solo dos pontos localizados nessas áreas. Os pontos 1, 2 e 5 apresentados no mapa estão em áreas de agricultura. São poucas as áreas de vegetação remanescente além das APPs próximas.

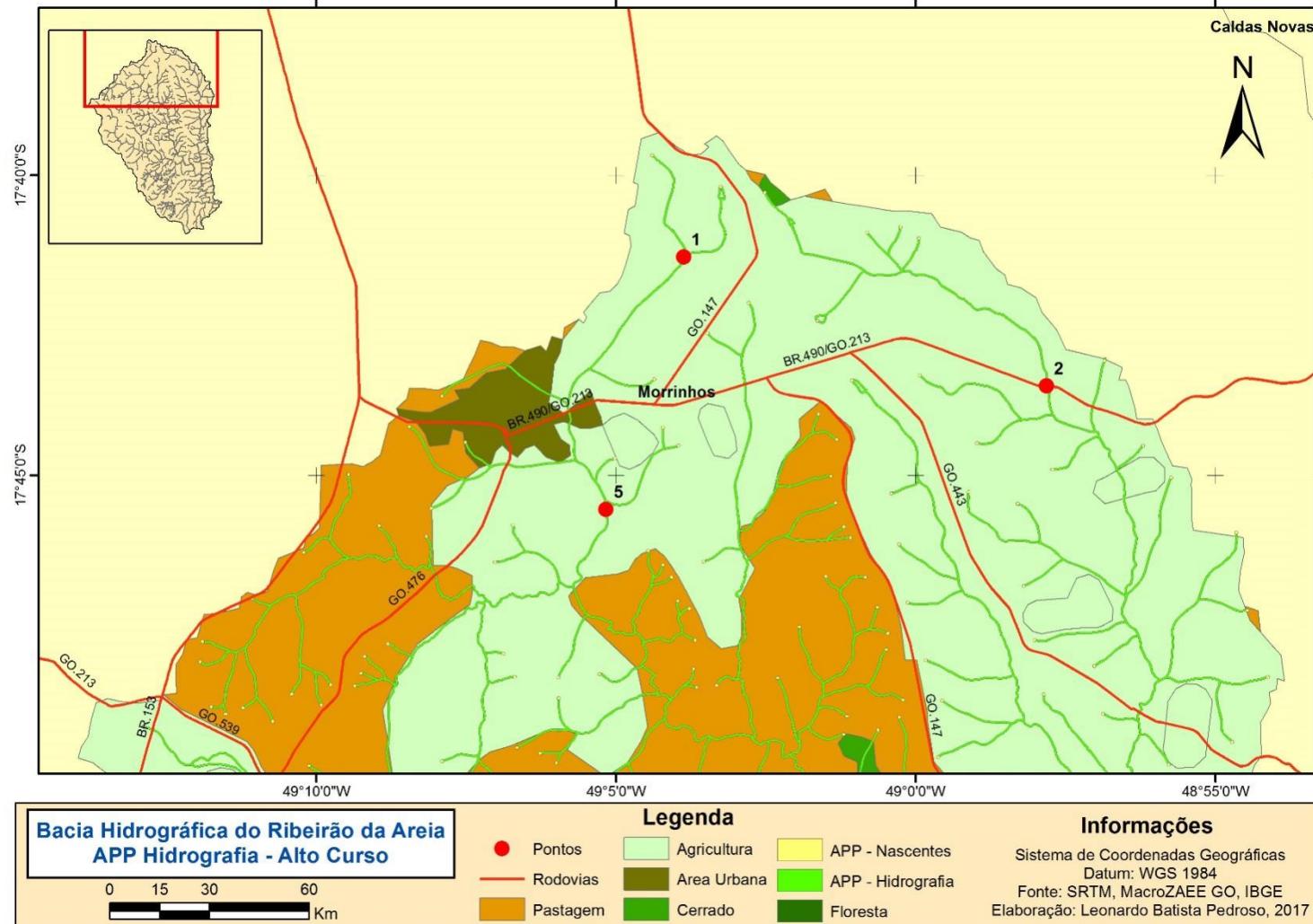
No alto curso, além das áreas agricultáveis, são comuns também as áreas de pastagem, que na mesma intensidade, afetam as áreas de proteção. Encontram-se também áreas urbanas correspondentes à cidade de Morrinhos, margeada a leste e sul por áreas agricultáveis, e a norte e oeste por áreas de pastagem, onde normalmente cria-se gado de corte.

Parte das águas dos trechos dispostos no Mapa 9 são utilizadas para sistemas de irrigação em pivô central, o qual apresenta grande demanda hídrica. O uso incorreto de tais sistemas (sobretudo com aplicações em horários desfavoráveis ao balanço hídrico) acarreta maior desperdício do recurso.

Como a utilização de tais sistemas é constante, é importante ressaltar os principais impactos negativos provenientes destes:

Escoamento superficial de sais, provocando a salinização das águas superficiais; escoamento superficial de fertilizantes e agrotóxicos às águas superficiais, provocando danos ecológicos, bioacumulação de espécies de peixes comestíveis etc. Altos níveis de elementos traço como selênio podem ocorrer, provocando graves danos ecológicos e potenciais impactos sobre a saúde humana (ANA, 2011, p. 25).

Mapa 9 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, alto curso



Fonte: SRTM, 2000; MacroZAE (GOIÁS), 2009; IBGE, 2010.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

A área urbana, por sua vez, embora ocupe área bem menor ($10,6 \text{ km}^2$), correspondendo a 0,83% da totalidade da bacia, possui potencial poluidor significativo, visto que concentra distintas atividades que podem impactar na qualidade das águas e na remoção das APPs.

Um dos principais cursos d'água da área urbana de Morrinhos é o Córrego Maria Lucinda, cuja nascente encontra-se no Parque Ecológico do município, inserido em área urbana. Ao longo de seu curso, a água está suscetível à contaminação devido ao lançamento de esgoto doméstico e industrial, acarretando desenvolvimento de organismos patogênicos.

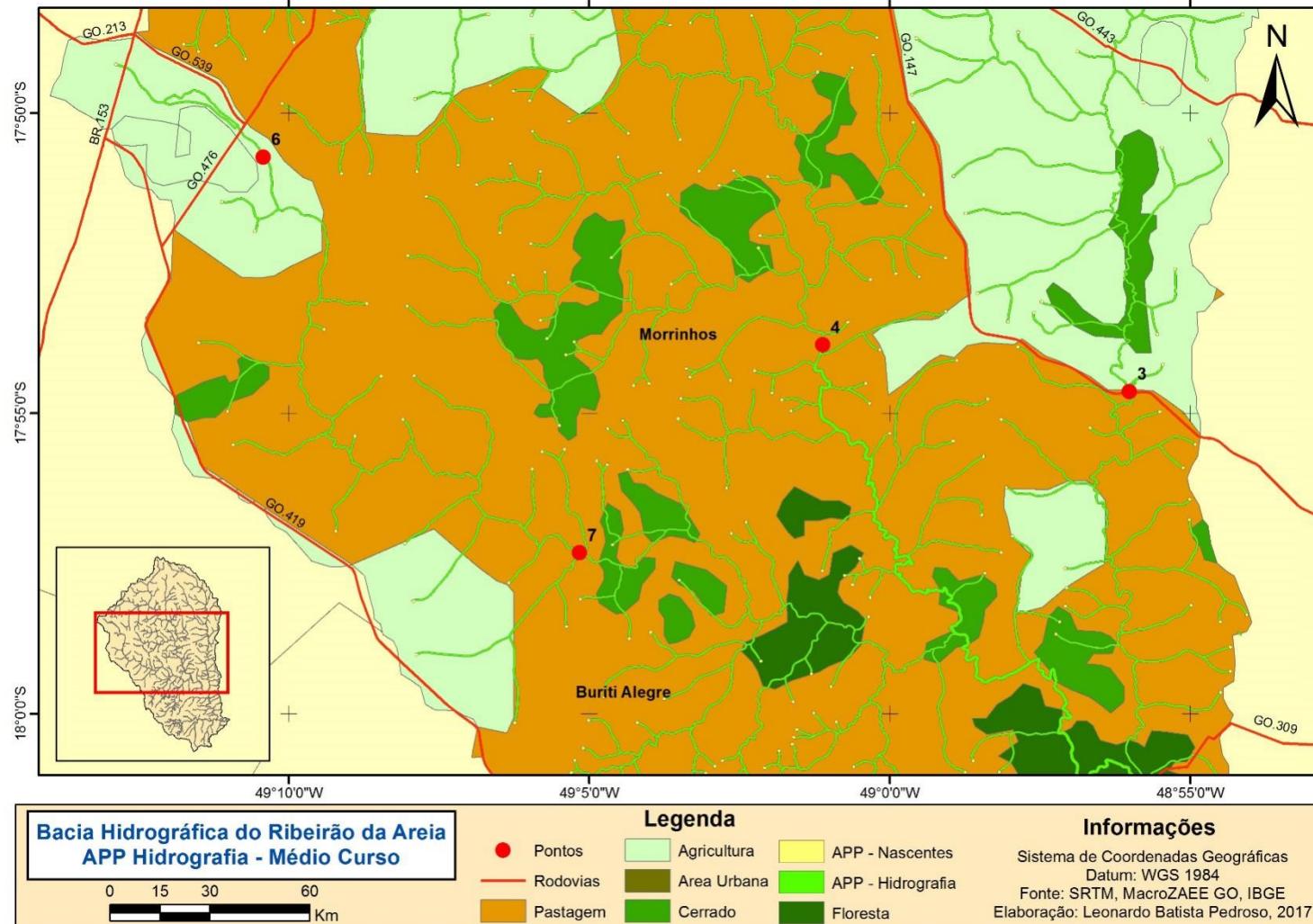
O respectivo córrego, após passar pelo trecho urbano e em seu encontro com demais córregos na região já é concebido como Ribeirão da Areia. As características de degradação de suas áreas de preservação e de suas águas podem ser verificadas nas análises do Ponto 05, que se referem ao Ribeirão da Areia, em seu trecho pós-urbano, isto é, periurbano.

Já no Mapa 10, são apresentadas as APPs e a delimitação das áreas de uso e ocupação do solo apresentadas pelo Macrozoneamento Agroecológico e Econômico de Goiás para o médio curso da bacia do Ribeirão da Areia. Embora o Ponto 06 se faça presente no trecho, vale ressaltar que se trata do alto curso do Ribeirão do Mimoso, importante curso d'água desta bacia.

Não se verifica nessa altura aspectos relacionados à urbanização. As duas principais rodovias que acompanham o trecho são a GO-147 a leste, que liga os municípios de Morrinhos e Água Limpa, e GO-419 a oeste, que faz a conexão entre Morrinhos e Buriti Alegre.

Destacam-se no referido trecho os Pontos 03, 04 e 07, médio curso dos Ribeirões das Araras, da Areia e do Mimoso, respectivamente. Nota-se que nas proximidades do Ponto 04, a APP apresenta largura marginal maior que a dos demais pontos, sendo esta de 50 m, devido à largura dos canais, superior a 10 m.

Mapa 10 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, médio curso



Fonte: SRTM, 2000; MacroZAE (GOIÁS), 2009; IBGE, 2010.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

As demais formas de APPs provenientes da hidrografia encontram-se nos limites dos canais, onde estão presentes olhos d'água e nascentes. Encontram-se dispersos entre as porções central e sul, vegetação remanescente de cerrado e formações florestais, fazendo confluência com as APPs hídricas dispersas, sendo a grande maioria de 30 m para cada margem, semelhante ao alto curso. Tais formações de cerrado são mais frequentes na medida em que a drenagem do Ribeirão do Areia se torna mais densa.

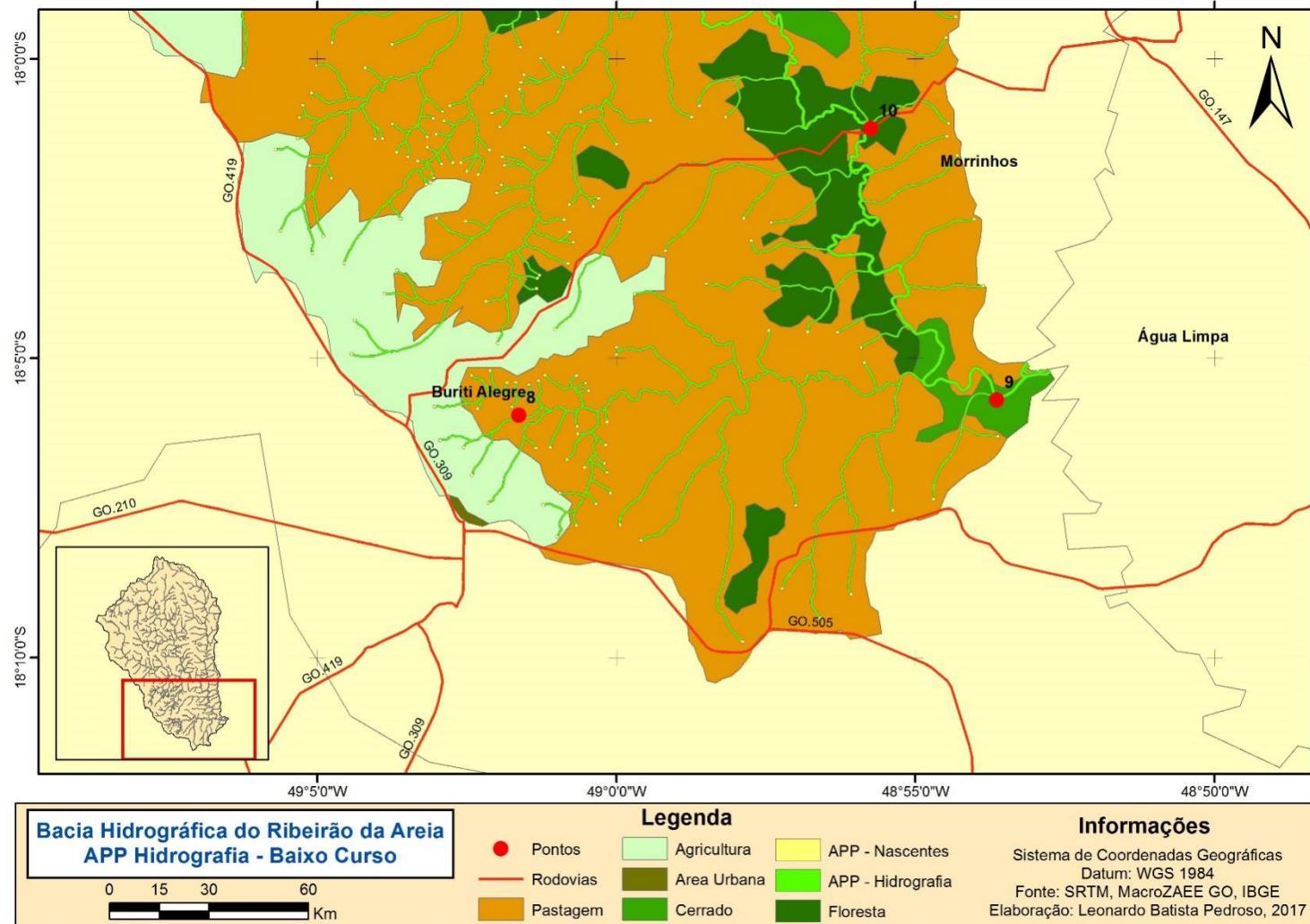
A principal forma de uso e ocupação nas proximidades destes pontos é de pastagem, em sua grande maioria, degradada com resquícios de culturas anuais. Na porção Nordeste do médio curso, encontra-se também área agricultável, margeando a GO-147, normalmente utilizada para cultivo de milho. Nas proximidades, especificamente ao norte do Ponto 03, há vegetação remanescente de cerrado mais densa, destacando-se no mapa.

Entre o Ponto 07 e o deságue de seu curso (Ribeirão do Mimoso) no Ribeirão da Areia, encontra-se uma grande área florestada, de grande densidade. A vegetação se mostra presente sobretudo nos trechos de alta declividade, por conta do evidente encaixe da drenagem e da variação altimétrica em curtas distâncias. Ressalta-se que as cotas presentes na proximidade do ponto variam entre 500 e 550 m e, a poucos quilômetros, há pontos com altimetria próxima a 700 m.

Mesmo diante do cenário de grande exploração do solo para atividades agropecuárias ao longo do médio curso da bacia, as APPs nos pontos analisados não se mostram integralmente preservadas, dispondo de áreas de solo exposto e com processos erosivos instalados e com forte potencial de intensificação, agravando quadros de vulnerabilidade ambiental.

Já no Mapa 11, apresentado em sequência, são dispostas as APPs hidrográficas do baixo curso da bacia, com destaque aos Pontos 08, 09 e 10.

Mapa 11 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: APP da hidrografia, baixo curso



Fonte: SRTM, 2000; MacroZAE (GOIÁS), 2009; IBGE, 2010.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

A classe de uso e ocupação do solo que se destaca no baixo curso da bacia também é a de pastagem, com grandes áreas degradadas e parte destas com foco na criação extensiva de gado de corte.

Nas áreas mais altas, nas proximidades das rodovias GO-419 e GO-309, prevalecem áreas agricultáveis para culturas perenes e anuais. Parte das APPs correspondentes às nascentes, inclusive, situa-se em tais áreas, não sendo inteiramente preservadas.

A área urbana correspondente à cidade de Buriti Alegre é pouco expressiva face ao recorte espacial, sendo circundada por áreas agricultáveis, que em determinadas épocas do ano, apresentam solo exposto, ou intercalado com pastagens.

As áreas de floresta e cerrado, embora mais frequentes e densas que no alto curso da bacia, ainda são incipientes. Encontra-se uma mancha de floresta semidecidual ao extremo sul e a leste, acompanhando o baixo curso do Ribeirão da Areia, assim como algumas fitofisionomias de cerrado. As APPs neste trecho do ribeirão são mais densas, com 50 m de largura, devido à extensão da largura do corpo hídrico. Em alguns pontos, conforme se vê a seguir, tais áreas não se mostram devidamente ocupadas pela vegetação ripária.

A espacialização de tais classes de uso e ocupação evidencia conflito entre a forma de uso atual e a potencialidade de uso do local, isto é, o que seria mais apto a se desenvolver na localidade. Em alguns casos, o conflito também se dá pela retirada da vegetação natural das áreas de preservação em detrimento de atividades econômicas nas propriedades rurais.

5.2 Protocolo de Avaliação Rápida de Rios em Pontos da Bacia do Ribeirão da Areia

Ponto 01 – Córrego Pipoca

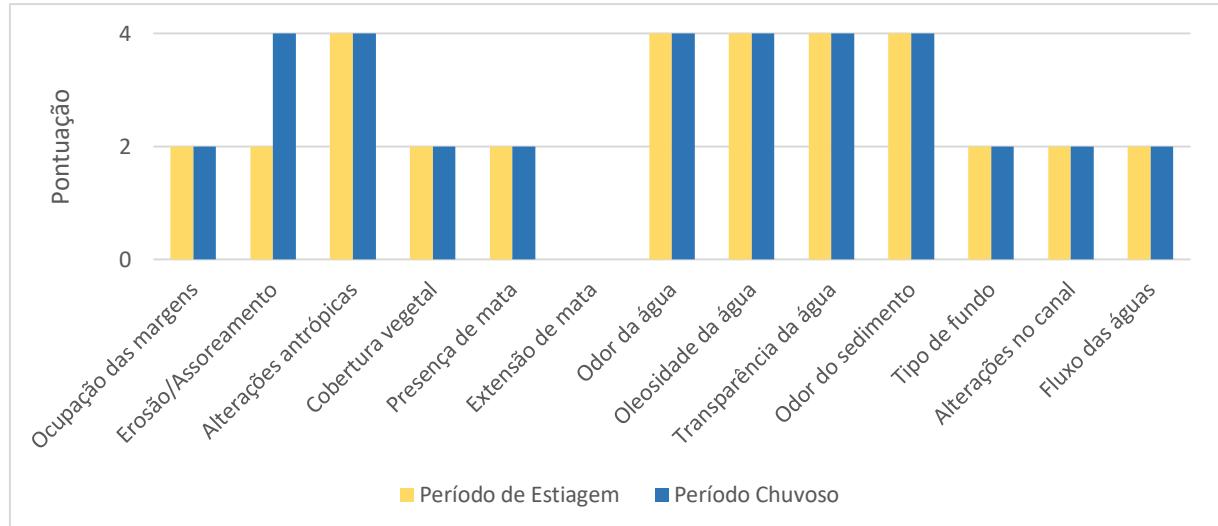
O primeiro ponto de análise, apresentado como “Ponto 01 – Córrego Pipoca”, representa o alto curso do Ribeirão da Areia, próximo às áreas de nascente deste importante curso d’água, estando situado nas coordenadas de 17°41'21.78" de

latitude sul e 49°3'52.05" de longitude oeste, com altitude de 787 m. O ponto insere-se predominantemente em uma fazenda local, popularmente conhecida como "Fazenda dos Padres", onde são desenvolvidas atividades rurais, das quais destaca-se a pecuária. Aos arredores, há também cultivos agrícolas. Assim, o uso do solo local se dá por meio de áreas de pastagem e produção agrícola, com poucas áreas de vegetação nativa. O córrego é de grande importância para o Município de Morrinhos, uma vez que, a jusante do trecho analisado, encontra-se área de captação de água para abastecimento urbano.

Na respectiva área, o curso d'água analisado apresentou largura média de 3 m para ambos períodos de análise, com profundidade média aproximada de 20 cm durante estiagem e 40 cm para período de chuvas. A primeira avaliação (realizada durante o inverno) da área ocorreu ao início da manhã, com temperatura ambiente de 17 °C, e temperatura da água de 19 °C. A segunda avaliação ocorreu durante período da tarde; a água apresentou 26 °C de temperatura, enquanto a do ambiente foi registrada em 27 °C. Ressalta-se que para análise do IQA e do PAR, a temperatura é constante no índice para territórios tropicais, sendo analisada apenas para fins de constatações de anomalias.

Na aplicação do PAR, o respectivo local recebeu soma total de 34 pontos no período seco e 36 no chuvoso, enquadrando-se na categoria de condição ambiental considerada boa, conforme distribuição apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

A análise do parâmetro 2, relativo à erosão próxima às margens do leito, indicou aspectos moderado e estável, respectivamente; isto é, constatando-se pequena instabilidade nas margens (conforme se atesta na Figura 14, B), porém, não tão acentuada como se verifica em outros locais.

Na análise geomorfológica, o ponto caracteriza-se como área de superfície regional deplainamento⁶, estando as erosões situadas às margens em aspecto pontual e não difuso. A topografia local se mostrou bem plana, evitando assim, deslocamento de fluxos superficiais rápidos que contribuiriam para o desenvolvimento de processos erosivos acentuados. Da mesma forma, o fluxo d'água no leito não se enquadraria como trecho rápido. Por essa característica, o fundo do canal (parâmetro 11) apresentou concentração de lama e areia.

O material presente ao fundo do canal relaciona-se com a pedologia local (conforme se verifica na Figura 14, A), com a presença de latossolos vermelho-escuros distróficos, considerados muito compactos e estáveis (LEPSCH, 2011). Há indícios de que o solo havia sido utilizado para cultivo de cana-de-açúcar.

Embora o período de estiagem tenha demonstrado maior intensidade no processo erosivo, enquanto tal tendência é observada em épocas chuvosas, pode-se desprender que a lâmina d'água um pouco mais expressiva durante período chuvoso tenha atenuado aspecto de erodibilidade nas margens do canal.

Figura 14 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: (A) uso e ocupação da área; (B) leito parcial durante período de estiagem⁷



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

⁶ Ver Mapa 4.

⁷ Em “A”, observa-se uso do solo para pastagem, próximo ao leito do Córrego Pipoca. Em “B”, trecho do leito, onde se verifica ponte instalada e lâmina d'água em detrimento do canal.

Não se constataram alterações antrópicas significativas no leito, como disposição inadequada de resíduos ou poluição do canal. A cobertura vegetal ao longo do leito no trecho analisado caracterizou-se como parcial, com vegetação proveniente de bambuzal no local. Ao longo do canal, são encontradas espécies nativas ocupando as margens. Entretanto, a presença da mata ciliar não é densa, apresentando trechos com solo exposto e ocupando largura inferior à 12 m, o que indica desflorestamento parcial da área.

Em relação aos demais parâmetros, não se constatou oleosidade na água; a água e os sedimentos não apresentaram odores específicos que poderiam indicar poluição por disposição de efluentes. A alteração do canal do rio pela existência de uma ponte no local foi mínima, não modificando significativamente o fluxo local. A lâmina d'água no trecho estava próxima a 50% do substrato do canal, devido ao período de estiagem e rebaixamento do nível da mesma. Ainda no período chuvoso, a lâmina d'água ocupava até 80% do canal, estando na mesma categoria.

Ponto 02 – Córrego da Samambaia

O Ponto 02 está situado nas coordenadas de 17°43'30.72" de latitude sul e 48°57'48.97" de longitude oeste, estando em uma altitude de 736 m. O curso d'água é localmente conhecido como Córrego da Samambaia, e representa o alto curso do Ribeirão das Araras, sendo este um dos mais importantes cursos d'água da bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia, por conta de sua extensão. A análise foi realizada por volta das 08:30, com temperatura da água em 20 °C, e ambiente de 19 °C durante o inverno. A análise do verão foi realizada às 13:00, com temperatura ambiente de 35 °C e da água em 25,5 °C.

Durante o período de estiagem, o trecho analisado não apresentou uso e ocupação do solo por atividades econômicas, a exemplo de comparação com outros locais, como se verificou atividades agropecuárias. No entanto, o ponto situa-se às margens da rodovia GO-213 (BR 490), que liga os municípios de Morrinhos e Caldas Novas, Goiás. Neste trecho, o córrego apresentava largura média de 3 m e profundidade de 50 cm, com área de represamento nas margens da rodovia, com a existência de canalização próxima da mesma.

No segundo período de análise, a área apresentou mudança significativa, decorrente do processo de duplicação da rodovia supracitada. A área represada praticamente desapareceu, dando origem a um canal com fluxo constante, com profundidade aproximada de 20 cm e largura média de 3 m, conforme Figura 15.

Figura 15 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: canalização e alterações do canal durante período chuvoso

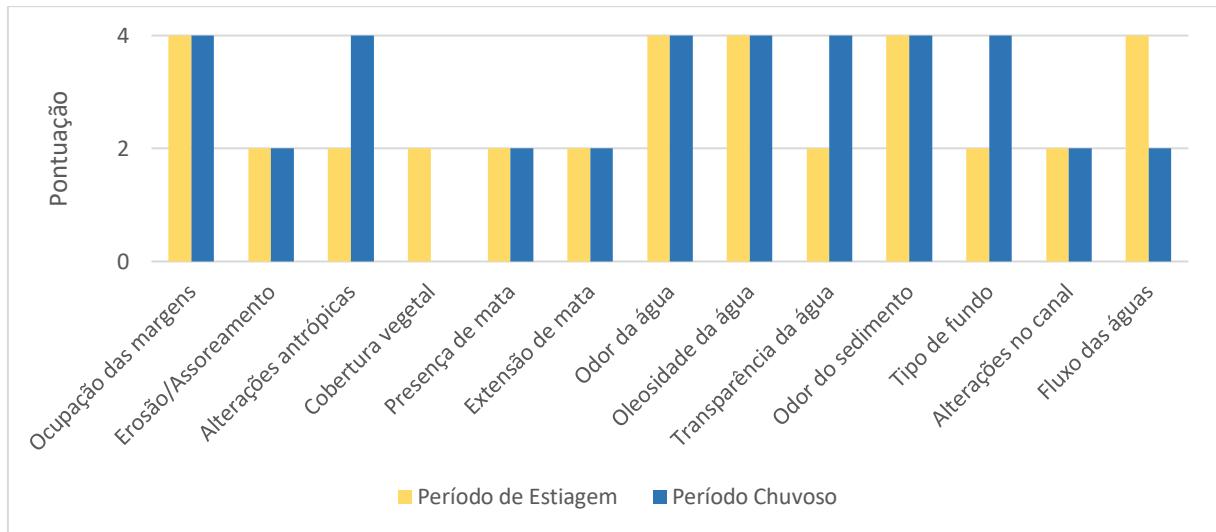


Autor: PEDROSO, L. B., 2017.

Na aplicação do primeiro PAR, este ponto também somou 36 pontos, enquadrando-se na categoria de condição “boa”, conforme se atesta no gráfico a seguir. A segunda avaliação, embora com maiores alterações próximas ao canal, apresentou 38 pontos.

A avaliação dos parâmetros indicou que o tipo de ocupação das margens, embora não preservadas, é de vegetação natural, com a presença de pequenas erosões e com estabilidade média dos solos, levando-se em consideração que o ponto se insere em área de superfície regional de aplanaamento. Constatou-se alterações de origem doméstica, com presença de lixo, a exemplo de garrafas plásticas e embalagens de produtos somente durante a primeira análise.

Gráfico 3 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

A cobertura vegetal no leito durante o inverno foi considerada parcial, próxima às margens. Durante o verão, não foram encontradas espécies sobre o leito, atribuindo menor valor ao parâmetro. A mata ciliar não era densa, apresentando trechos de solo exposto e, em alguns pontos, hidromorfizado, com presença de buritis (*Mauritia flexuosa*). Este tipo de formação é comum em áreas de veredas, as quais “são subsistemas fitogeográficos do Domínio dos Cerrados [...], formadas em condições hidrológicas e litológicas bastante específicas, são vítimas frequentes da intervenção humana” (RICETO, 2011, p. 6).

O solo no entorno é o latossolo vermelho-escuro, bastante presente em grande parte da bacia. A extensão da mata ciliar no trecho é média, na categoria entre 12 e 18 m de largura, apresentando intervenção antrópica moderada. Durante o verão, a situação era semelhante, no entanto, agravada próximo à área de canalização, devido às alterações da duplicação da rodovia.

A água não apresentou oleosidade, nem cheiro específico. Porém, constatou-se grande turbidez no local, indicando cor “turva/chá forte”, conforme análise de transparência do Parâmetro 9 para o inverno. Durante o verão, a água não apresentou turbidez acentuada. A lâmina d’água estava acima de 80% do canal do córrego e as alterações no leito se constataram mais na proximidade com a rodovia, conforme citado anteriormente e disposto nas Figuras 15 e 16.

Figura 16 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: (A) área represada e presença de buritis durante período de estiagem; (B) leito parcial do córrego no período seco



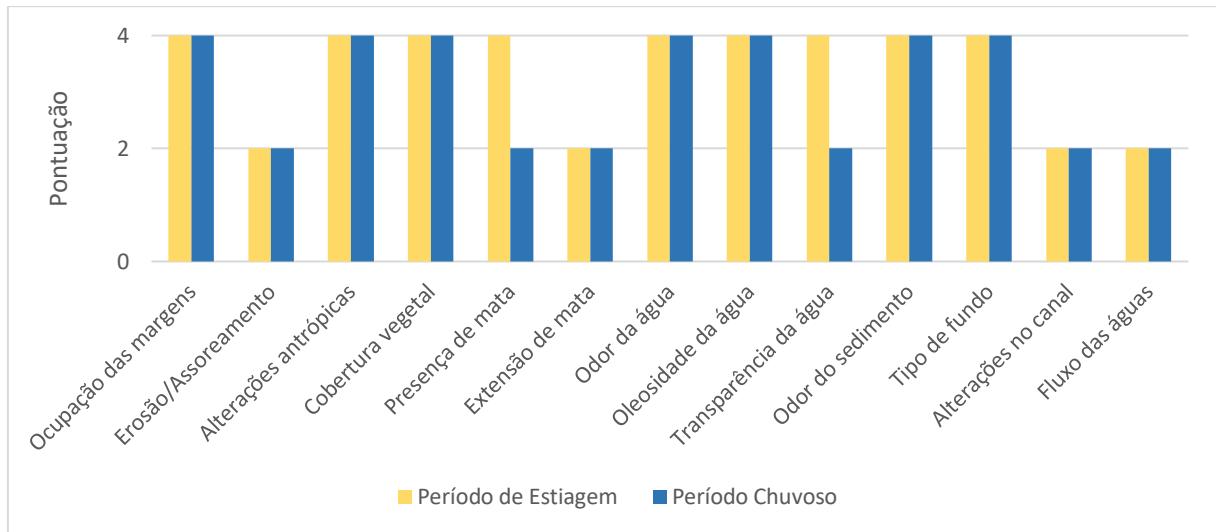
Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso

O Ponto 03 está situado entre as coordenadas de 17°54'38.31" de latitude sul e 48°56'0.55" de longitude oeste. Este representa o médio curso do Ribeirão das Araras, estando a uma altitude de 642 m, sendo este uma sequência do curso d'água analisado no Ponto 2. Este local situa-se nas proximidades da rodovia GO-147, que liga os municípios de Morrinhos e Água Limpa, em propriedade privada, também próxima à ponte da respectiva rodovia. A largura média do canal no ponto foi aferida em 8 m.

A soma da pontuação atribuída aos parâmetros de análise do PAR no respectivo ponto foi de 44 pontos durante o período de estiagem e 40 pontos durante o período chuvoso. A primeira análise indicou “ótima” condição, recebendo pontuação máxima em todos itens, com exceção dos parâmetros 2 (que se refere à erosão próxima e/ou margens do corpo d'água), 6 (extensão da mata ciliar) e 13 (características do fluxo das águas), conforme disposto no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

As condições verificadas durante a segunda análise não indicam aspectos de melhoria em relação a primeira análise. Especificamente nos parâmetros “presença de mata”, “transparência da água” e “alterações no canal”, verificou-se queda na pontuação atribuída, indicando alterações no local durante o interstício entre as avaliações.

A ocupação da área próxima ao trecho analisado se dá por pastagens degradadas, não se constatando a presença de gado. Porém, as margens do curso são ocupadas por vegetação natural. Há presença de alguns processos erosivos, indicando nível moderado para este parâmetro. Geomorfologicamente, este local também se situa em superfície regional deplainamento, próxima à área de transição para zona de erosão recuante. Ou seja, a tendência é que os processos erosivos sejam de menor intensidade.

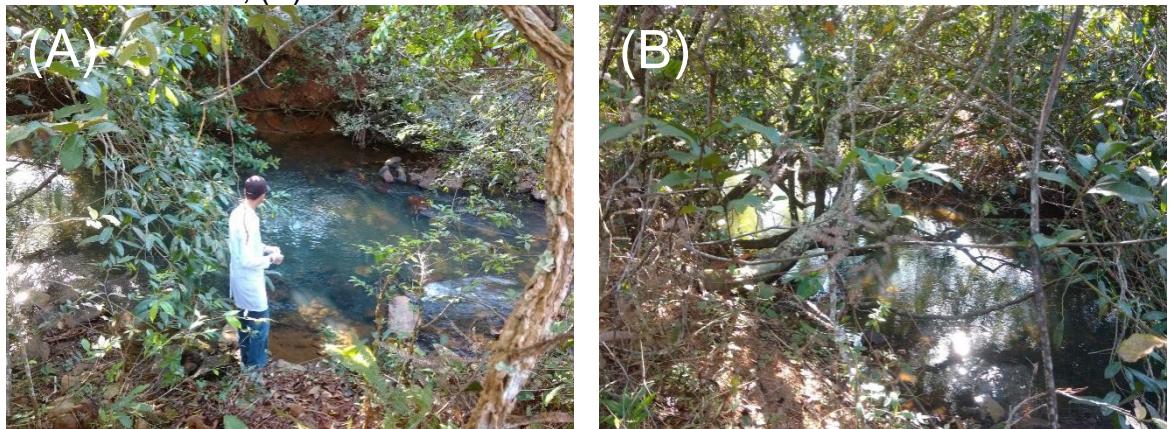
Não houve alterações antrópicas no leito e nas margens, ou seja, ausência de lançamento de esgotos e disposição inadequada de resíduos, bem como outras prováveis alterações, gerando alta pontuação no respectivo parâmetro de análise no PAR.

O leito é coberto totalmente pela mata de galeria, apresentando formação típica de mata de galeria. A presença e densidade desta vegetação é alta, com grande

diversidade de árvores e arbustos, porém, a extensão enquadra-se entre 12 e 18 m no trecho.

As águas e os sedimentos não apresentam odor específico, nem oleosidade, sendo o fundo composto por cascalhos e sedimentos mais grosseiros, indicando maior competência deste curso d'água. Há alterações do canal próximas da área, onde se verifica canalização para passagem da água abaixo da ponte da rodovia. As modificações no canal no local alteram parte do fluxo natural, atribuindo nota intermediária ao seu respectivo parâmetro de análise durante ambos períodos.

Figura 17 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso: (A) largura do ribeirão em seu médio curso; (B) densidade fitofisionômica no trecho



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Mesmo com trechos relativamente rápidos, a água apresentou grande transparência durante o período de estiagem, isto é, com pequena carga de sedimentos em suspensão. Durante o período de chuvas, a água apresentou maior turbidez, dificultando visualização do fundo do canal, divergindo-se do período anterior. As margens do canal no local são bem íngremes por conta de processos erosivos e a lâmina d'água estava entre 40 e 50% do canal durante as verificações.

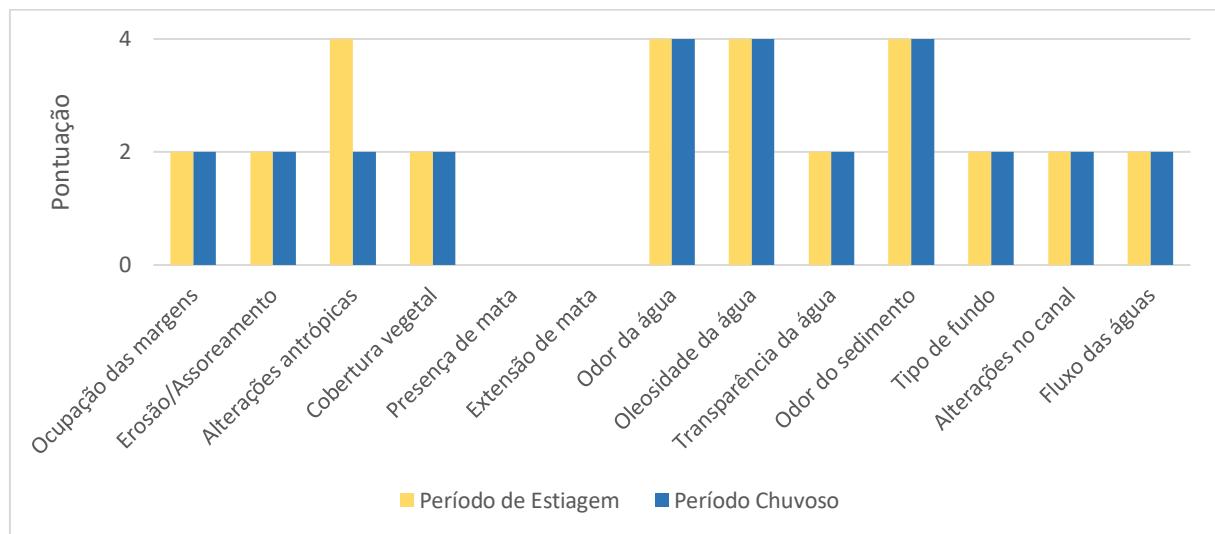
Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso

O Ponto 04 representa o Ribeirão da Areia em seu médio curso, estando situado nas coordenadas geográficas de 17°53'51.53" de latitude sul e 49°1'6.71" de longitude oeste, com altimetria de 626 m. No referido trecho, o curso d'água apresenta

largura aproximada de 17 m, com trechos mais estreitos e com fluxo rápido. A análise do período de estiagem foi realizada por volta das 08:30, com temperatura ambiente de 22 °C e da água em 19 °C. Durante o período chuvoso, a análise foi realizada por volta das 12:15, com as temperaturas de 25 °C e 24,5 °C, sendo a primeira relativa ao ambiente e a segunda das águas no local. O trecho insere-se predominantemente em área rural, cuja característica é presença massiva de áreas de pastagem.

Na avaliação do PAR para períodos seco e chuvoso, foram somados 30 e 28 pontos, respectivamente, categorizando o trecho na condição “boa”, conforme gráfico disposto em sequência. O acesso ao curso se deu por uma área íngreme próxima a uma ponte de concreto sobre o Ribeirão, onde constatou-se a presença de erosões próximas às margens, enquadrando-se em condição intermediária, isto é, de nível moderado. O local encontra-se em zona de erosão recuante, com solos do tipo podzólico vermelho-amarelo. A ocupação do entorno do canal no local por pastagem estimula impermeabilização destes solos e facilita dinâmica de processos erosivos, sobretudo nas áreas de maior inclinação.

Gráfico 5 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



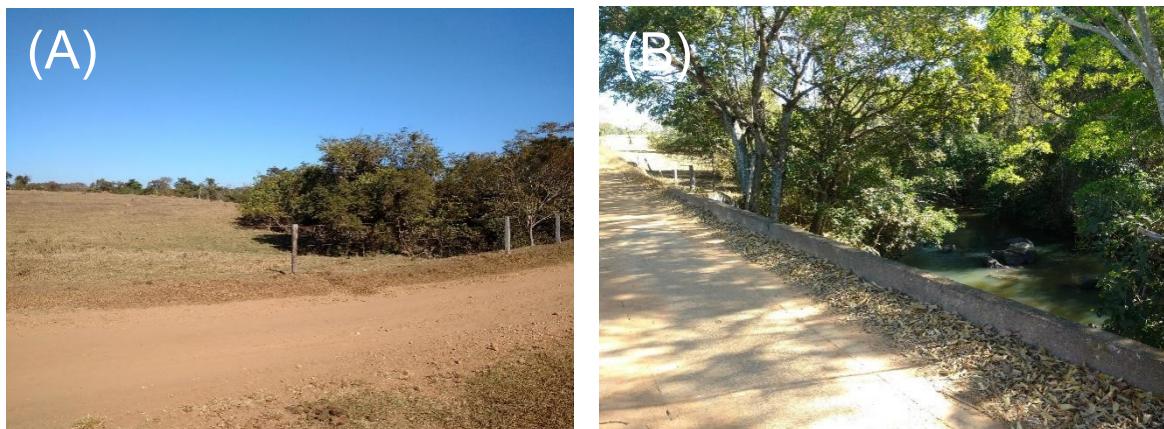
Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Em relação ao parâmetro 3 (Alterações antrópicas), não foram observados muitos resíduos nas margens, tampouco resquícios de origens industrial, urbana ou outros durante período de estiagem. No entanto, durante a avaliação realizada no

verão, foram constatados materiais como sacolas, garrafas e restos de paramentos utilizados para pesca.

Para os parâmetros relacionados à cobertura vegetal, a análise indicou cobertura vegetal parcial sobre o leito, bem como a frágil presença de mata ciliar, com grande desflorestamento, não ultrapassando 10 m de extensão. A densidade da vegetação no trecho também não era tão acentuada, restringindo-se às áreas bem próximas às margens. O quadro geral indica grande desflorestamento e grande intervenção antrópica, facilitando inclusive acesso ao leito. A situação foi verificada em ambas avaliações.

Figura 18 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: (A) pastagem próxima ao leito do ribeirão; (B) ponte de concreto sobre o curso d'água



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

A análise de propriedades organolépticas às margens acusou ausência de odor na água e nos sedimentos. A água apresentou coloração verde-escura. Não se verificou a presença de oleosidade e/ou alterações visíveis além destas no curso.

A alteração do canal no trecho avaliado foi considerada intermediária, devido à presença da ponte de concreto, construída há mais de uma década, cujas bases alteram parte do fluxo do canal. Nos demais pontos, a água corre sobre o leito com presença de matacões, no entanto, com fundo constituído por areia e sedimentos de granulometria intermediárias. É comum encontrar lama e sedimentos mais finos próximos às margens ou trechos mais lentos.

A lâmina d'água no local situa-se entre 40 e 80% do canal, apresentando parte significativa do substrato exposto evidenciado. Os processos erosivos nas margens intensificam a impressão de amplitude do substrato exposto. Mesmo durante período chuvoso, a lâmina d'água encontrou-se abaixo do nível natural, no entanto, com trechos de fluxo rápido mais evidentes.

Figura 19 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso: (A) bases da ponte de concreto e leito do ribeirão; (B) leito do Ribeirão da Areia em seu médio curso



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano

O Ponto 05 situa-se entre as coordenadas de 17°45'34.32" de latitude sul e 49°5'9.88" de longitude oeste, com altitude de 717 m. Trata-se de um trecho pós-urbano, isto é, nas proximidades das áreas limítrofes da malha urbana da cidade de Morrinhos, cujo uso e ocupação do solo local se dá por pastagens e cultivos agrícolas em propriedades rurais locais.

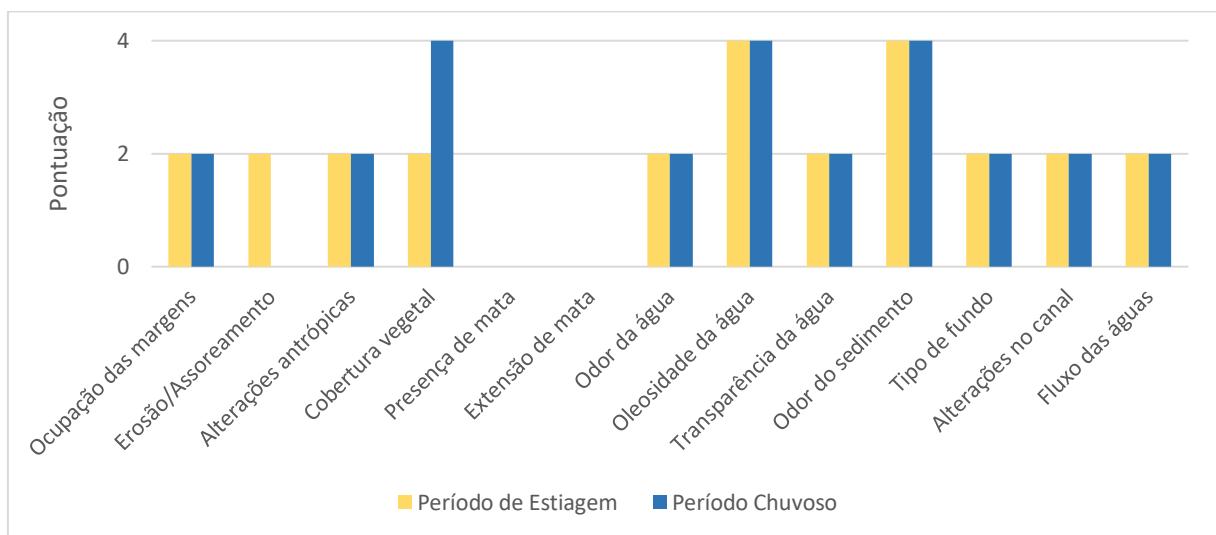
O referido trecho situa-se ao lado de uma ponte, também nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE da cidade de Morrinhos, contemplando-se enquanto um ponto estratégico de análise. Além de vicinal local, o entorno do trecho analisado possui como forma de uso e ocupação do solo áreas de pastagem degradadas e arbustos resquícios da vegetação de cerrado.

Os solos da região apresentam tonalidade vermelho-escura, característica dos latossolos locais. A região insere-se em zona de superfície regional deplainamento,

com tendência a processos erosivos menos acentuados. No entanto, há erosões nas margens, mais visíveis pelo rebaixamento do nível da água durante período de estiagem. Durante o período chuvoso, verificou-se a intensificação de parte destes processos, considerados moderados, porém, frequentes, atribuindo menor nota durante a respectiva avaliação.

Verifica-se também no entorno do ponto, a presença de resíduos plásticos provenientes de uso doméstico, conforme Parâmetro 3 do PAR, cuja aplicação, como se verifica no gráfico a seguir, resultou na soma de 26 pontos em ambos períodos de análise, enquadrando-se na categoria “regular”.

Gráfico 6 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

A cobertura vegetal sobre o leito do curso d’água no período de estiagem foi considerada parcial, com mata ciliar bastante degradada, acusando forte remoção da cobertura vegetal local. Durante o período chuvoso, a avaliação a enquadrou como cobertura total. Da mesma forma, a largura da vegetação no ponto é pequena, recebendo menor avaliação no parâmetro. No trecho, não se verifica extensão de mata superior a 7 m de largura.

A água apresentou leve odor nas duas avaliações, associado à decomposição de matéria orgânica. Não foi constatada oleosidade na água; entretanto, em relação à cor, apresentou tonalidade verde-escura e alta turbidez, tanto na época de estiagem,

quanto na chuvosa. O tipo de fundo de leito verificado foi o coberto por lama e areia; e os sedimentos, ao contrário da água, não apresentaram cheiro característico.

Em relação às características do fluxo da água, não havia presença de trechos muito rápidos, e a lâmina d'água estava bem abaixo do nível máximo, ocupando cerca de 50% em relação ao substrato exposto, mesmo no período de chuvas.

Figura 20 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: (A) coleta de amostra de água e disposição das margens; (B) leito do Ribeirão durante período de estiagem



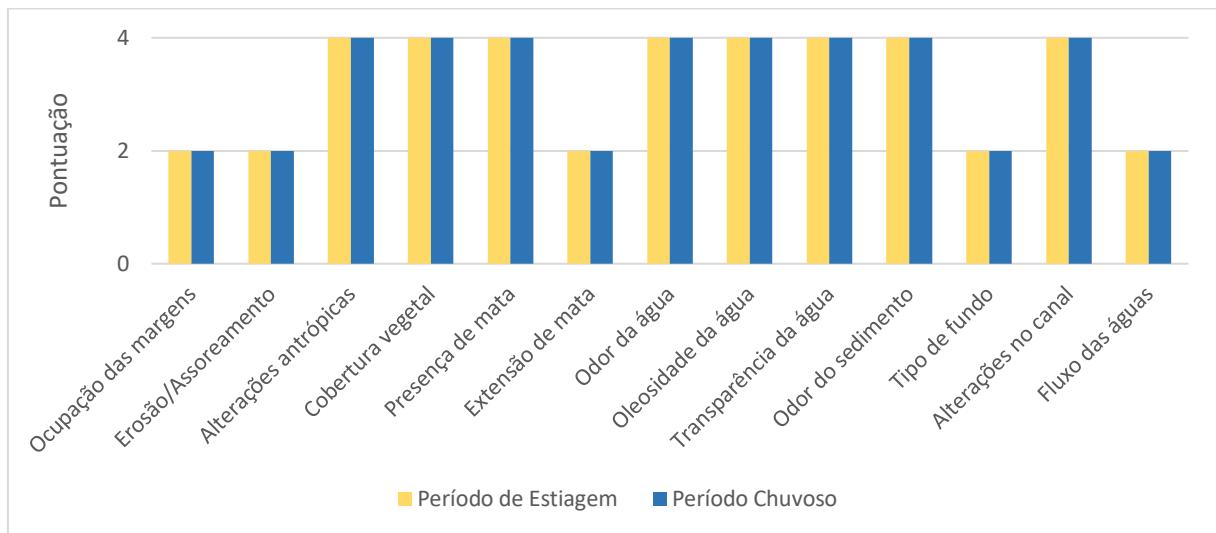
Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Como se verifica na Figura 20, a pressão da ocupação das margens do Ribeirão gerou grande degradação da mata ciliar, a qual não apresenta grande intensidade e diversidade. É comum a presença de cercas ao longo do curso no trecho, dificultando acesso ao mesmo. Ainda assim, há resíduos sólidos dispostos inadequadamente, gerando poluição local.

Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso

O Ponto 06 representa o alto curso do Ribeirão do Mimoso, cuja localização se dá pelas coordenadas de 17°50'44.09 de latitude sul e 49°10'25.55" de longitude oeste, estando em uma altitude de 860 m. A largura média do canal no trecho analisado foi de 1,5 m. A soma da pontuação atribuída aos parâmetros do PAR foi de 42 pontos para ambos períodos de análise, categorizando sua condição como “ótima”, conforme aponta Gráfico 7.

Gráfico 7 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

As margens do curso são ocupadas por mata ciliar de largura inferior a 10 metros, porém, intensa e diversa, com presença de árvores e arbustos com distintos portes. A cobertura vegetal sobre o leito do córrego também é bastante significativa, atribuindo maior pontuação ao parâmetro 4.

O solo no local é bastante hidromorfizado, apresentando erosões moderadas próximas ao leito, dificultando acesso ao mesmo. A região como um todo é composta por latossolos vermelhos, bastante utilizados para distintos cultivos agrícolas, dos quais, destacam-se as culturas canavieira e de tomateiro irrigado por sistema de pivô central, na região em que se insere ao ponto de análise, o que eleva consideravelmente o consumo de água a nível local, sobretudo no período de estiagem.

As áreas da planície mais próximas do trecho são ocupadas também por pequenas áreas de pastagem em considerável estágio de degradação (Figura 21).

Figura 21 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: (A) pastagem degradada; (B) leito do Ribeirão



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Em relação aos demais parâmetros, a análise demonstrou que não foram constatados materiais e/ou resíduos de diferentes origens associados a alterações antrópicas no leito.

A água e os sedimentos não apresentaram odor específico, nem oleosidade, o que indica, mediante confirmação de análises físico-químicas e microbiológicas, a ausência de lançamentos de efluentes próximos.

O fundo do canal ao longo de grande parte de sua extensão na região é coberto por lama, areia e sedimentos de menor granulometria. Menos de 20% do substrato do canal estava exposto, demonstrando baixo grau de rebaixamento da lâmina d'água. Da mesma forma, não foram constatadas canalizações, dragagem ou demais influências que pudessem alterar o padrão normal do canal no respectivo trecho de análise.

Outro aspecto notório refere-se à grande sinuosidade do canal no local, bem como a dificuldade de acesso ao mesmo, sobretudo durante período chuvoso, com solo bastante encharcado.

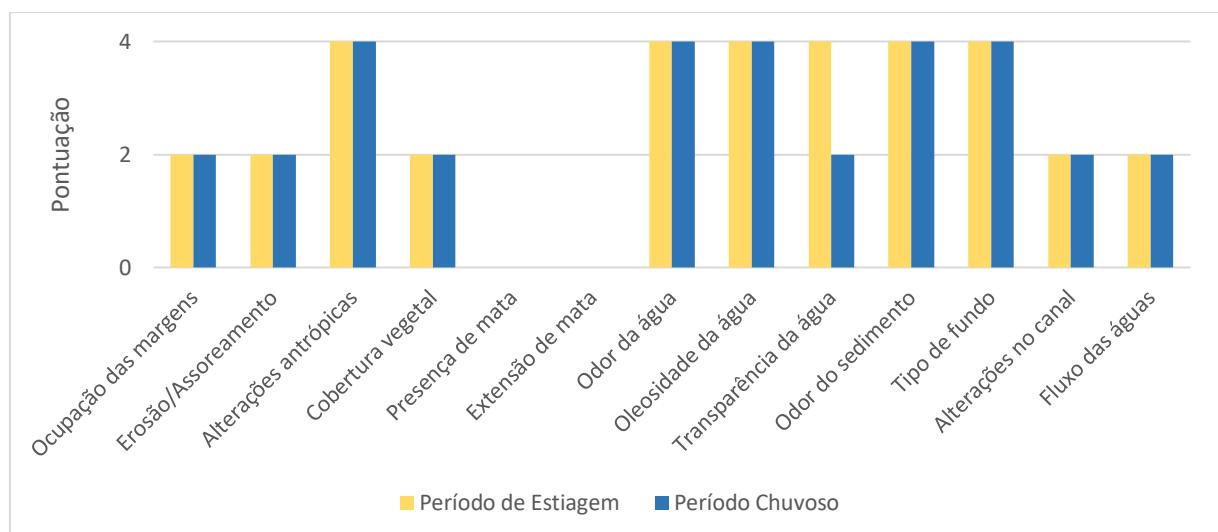
Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso

O Ribeirão do Mimoso, em seu médio curso, é representado pelo Ponto 07, situando-se entre as coordenadas de 17°57'19.20" de latitude sul e 49°5'9.76" de

longitude oeste, com altitude de 688 m; isto é, 172 metros mais baixo que o seu trecho de análise no alto curso, analisado no item anterior. Neste ponto, o Ribeirão apresenta largura média de 7 m e profundidade entre 30 e 40 cm, correndo sobre leito de pedras e cascalhos.

A soma da pontuação atribuída ao PAR foi de 34 pontos durante período de estiagem e 32 pontos durante o chuvoso, condição considerada “boa” conforme metodologia adotada para o PAR. A descrição dos pontos segue distribuição apresentada no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Como se observa, o trecho recebeu menor avaliação nos parâmetros 5 e 6, que dizem respeito à presença e extensão da mata ciliar, respectivamente. A ocupação da área por áreas de pastagem é extensa, com grande nível de desmatamento no local, também influenciadas pelas erosões consideradas de nível e intensidade moderadas.

Tais erosões são características do trecho, uma vez que este se insere em área de transição de zona de erosão recuante para superfície regional de aplainamento. O solo podzólico vermelho e amarelo da área compromete-se com a intensificação dos processos erosivos pela compactação proveniente das áreas de pastagem (quadro B, Figura 23). A quantidade de material inconsolidado próximo às margens, oriunda desses processos, foi maior e mais evidente durante o verão.

Figura 22 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: leito durante período chuvoso



Autor: PEDROSO, L. B., 2017.

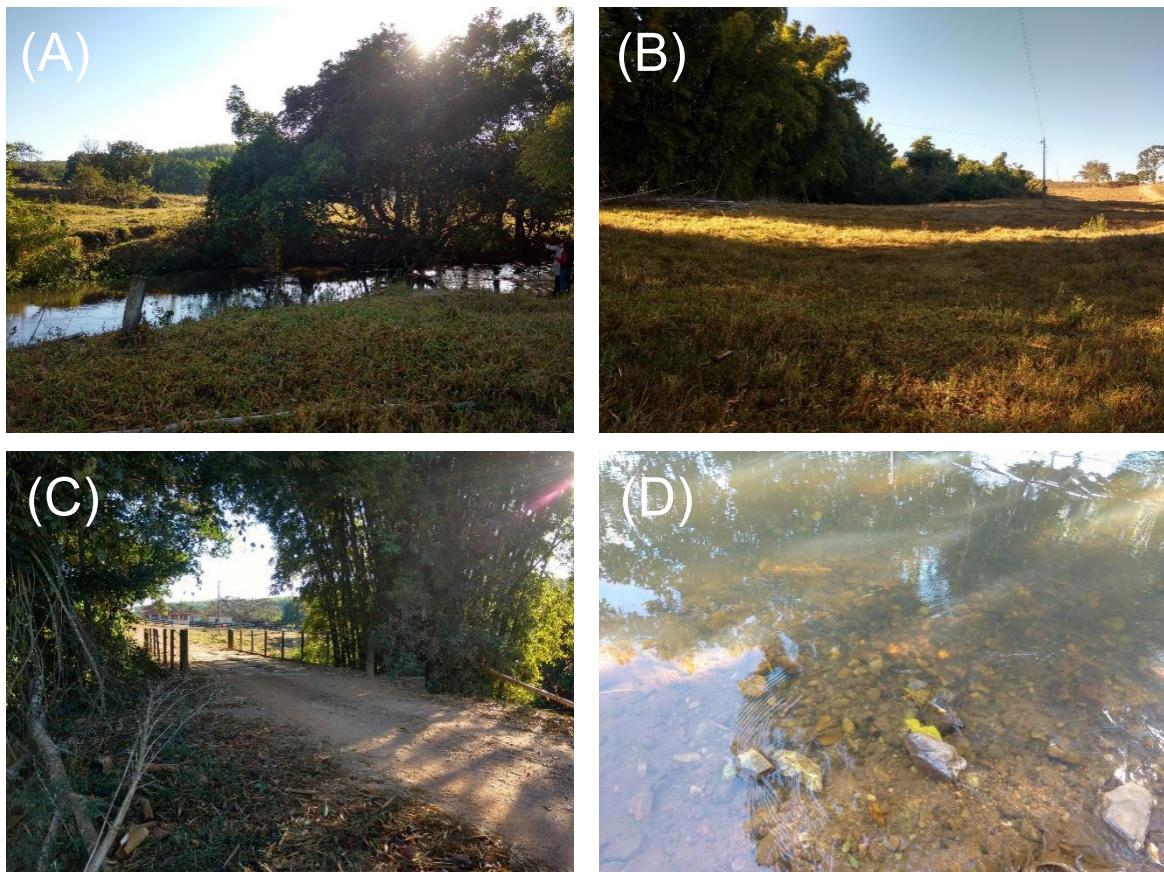
Desta forma, além da baixa diversidade fitofisionômica, os poucos indivíduos vegetais situam-se bem próximos às margens, cobrindo parcialmente o leito no trecho analisado, conforme se visualiza no quadro A da Figura 23.

A avaliação do protocolo para as águas não indicou odor e oleosidade no ponto. O mesmo fora observado quanto aos sedimentos do fundo leito, o qual é revestido por cascalhos e pedras. As alterações do canal próximas respondem por uma ponte instalada no local, dando acesso à sede da propriedade rural. A lâmina d'água durante período de estiagem estava bem abaixo do substrato exposto, indicando nível entre 40 e 80% do canal, a qual apresentou transparência e baixa turbidez em pontos de maior profundidade durante o respectivo período.

Já para a avaliação realizada no período chuvoso, o nível da lâmina d'água encontrou-se um pouco acima da análise do período de estiagem, porém, dentro do mesmo padrão para o PAR. No entanto, devido ao período de chuvas, a água apresentou maior turbidez, indicando menor transparência.

Importante ressaltar que a turbidez elevada dificulta a penetração de raios solares na água, onerando em parte a qualidade da água, uma vez que dificulta atividade fotossintética, reduzindo a concentração de oxigênio disponível no corpo hídrico (ANA, 2005).

Figura 23 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: (A) leito do curso; (B) área de pastagem próxima ao canal; (C) ponte de acesso à sede de propriedade rural; (D) fundo de cascalhos e pedras



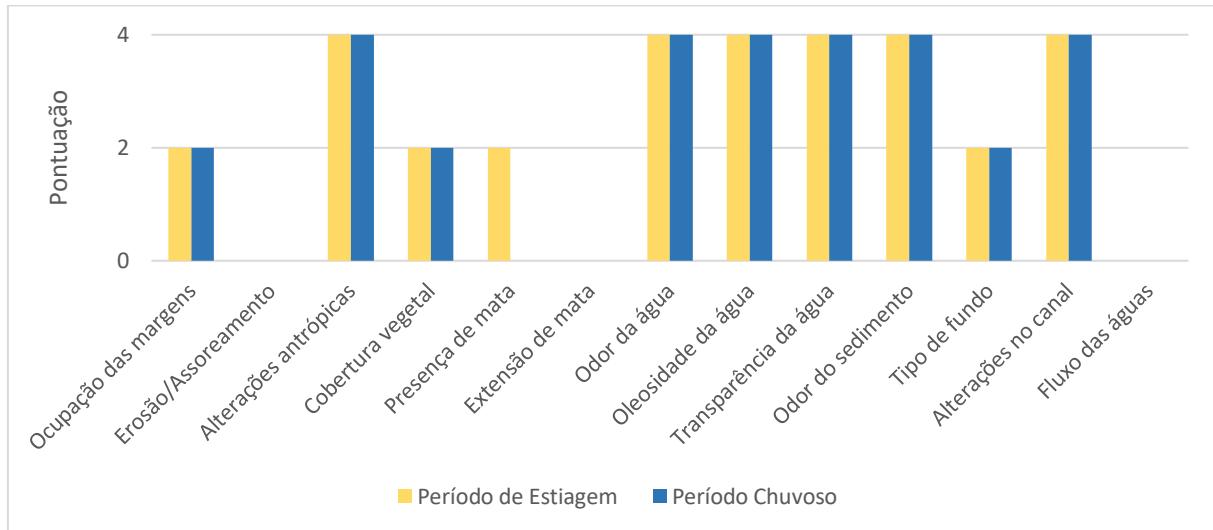
Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso

O Ribeirão do Barreiro insere-se predominantemente no município de Buriti Alegre, desaguando no Ribeirão da Areia, a poucos quilômetros do exutório da bacia, em seu encontro com o Rio Piracanjuba. Devido à sua pequena extensão, analisou-se somente seu alto curso que, apesar de situar-se em área rural, está próximo à zona urbana do respectivo município, com acesso dificultado por trechos pedregosos e grande variação altimétrica em vicinal de acesso. O ponto localiza-se nas coordenadas de 18°5'57.03" de latitude sul e 49°1'37.92" de longitude oeste, com altitude de 668 m.

A aplicação do PAR para este trecho do Ribeirão do Barreiro resultou na soma de 32 pontos no inverno e 30 pontos no verão, enquadrando-se na categoria “boa”, conforme disposto no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Neste trecho, o Ribeirão do Barreiro apresentou largura média de 1,5 m, com profundidade aferida entre 15 e 20 cm durante os períodos de análises. O tipo de ocupação das margens enquadra-se na segunda categoria, representado por campo de pastagem. Na região, predominam solos podzólicos vermelho-amarelo e cambissolos, com processos erosivos acentuados. De acordo com Macrozoneamento Agroecológico e Econômico de Goiás (GOIÁS, 2005; 2009), é possível categorizar toda a região às margens dos cursos d’água da área como zonas de erosão recuante, isto é, com forte dissecação regional.

Ainda neste contexto, verificou-se que as margens se apresentaram bastante instáveis, com acentuado processo erosivo e presença significativa de material inconsolidado. Verificou-se inúmeras áreas descobertas e susceptíveis à ocorrência de processos semelhantes, o que poderá ocasionar maior degradação da área, afetando a disposição do canal. Tal aspecto pode ser verificado na Figura 24, quadro B.

Figura 24 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: (A) leito e altura da lâmina d’água durante período de estiagem; (B) processos erosivos nas margens



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Embora detectadas ocorrências supracitadas, não foram encontrados lixos e demais resíduos sólidos no local. A água estava transparente durante as duas avaliações e não apresentou odor, assim como os sedimentos. Também não se verificou presença de óleos, graxas ou qualquer outro material visível a olho nu que pudesse gerar algum prejuízo à qualidade do corpo hídrico.

A mata ciliar, todavia, mostrou-se bastante degradada, apresentando entre 50 e 80% de sua densidade durante o inverno, e largura inferior a 5 m no trecho avaliado. Já no verão, constatou-se maior retirada da vegetação nativa, tendo trechos com solo exposto. Não se pode afirmar que tal característica seja reproduzida ao longo de todo o canal. Parte da vegetação restante, encontrava-se bem próxima às margens, cobrindo parcialmente o canal.

Como se verifica na Figura 24-A, a lâmina d’água se apresentou bastante baixa durante período de estiagem, com grande parte do substrato do canal exposto, recebendo avaliação baixa no respectivo parâmetro. Embora a tendência apontasse maior nível durante o verão, o curso d’água manteve-se baixo, com profundidade média de 10 a 15 cm, como pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: leito durante o período chuvoso



Autor: PEDROSO, L. B., 2017.

A figura anterior evidencia também o pisoteio de gado as margens, explícito devido às condições de encharque do solo, por conta de evento pluviométrico durante as primeiras horas da manhã do dia de análise do local. É possível observar também que, embora com a presença de cascalhos próximos, a prevalência do fundo do canal é de material fino, com areia e sedimentos com granulometria mais fina, possivelmente siltosa ou argilosa.

Por fim, além das atividades que ofertam influência sobre o corpo hídrico já citadas, há a presença de uma ponte próxima, porém, sem canalização aparente.

Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório

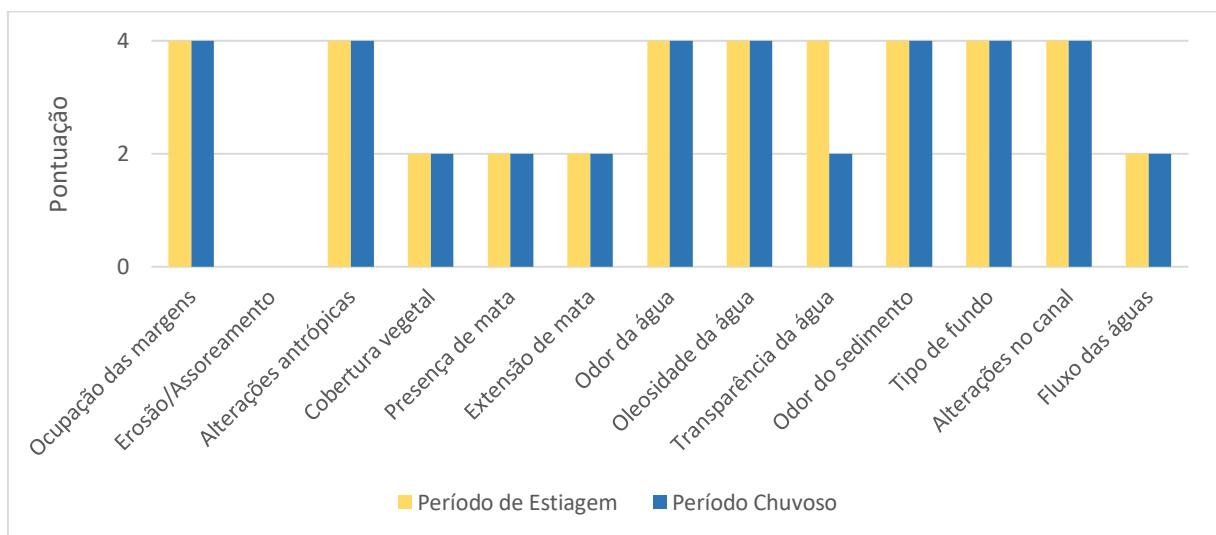
O Ponto 09 se localiza nas coordenadas de 18°5'41.77" de latitude sul e 48°53'38.21" de longitude oeste, nas proximidades do deságue do Ribeirão da Areia no Rio Piracanjuba. Neste trecho, a altitude aferida foi de 535 m. Embora o propósito de se avaliar este ponto seja o de compreender a qualidade das águas deste ribeirão em termos de contribuição para o Rio Piracanjuba (tributário do Rio Paranaíba), há de se compreender a importância de processos naturais como a capacidade de

autodepuração dos cursos d'água ao longo de seu percurso, sobretudo em trechos rápidos e turbulentos.

Popular e localmente, o ribeirão neste trecho é reconhecido pela comunidade local como Ribeirão do Mimoso, ao entenderem que o Ribeirão da Areia é seu tributário, e não o contrário. Contudo, neste trabalho adotou-se a metodologia de Strahler (1952) na hierarquização da drenagem, atribuindo ao Ribeirão da Areia maior ordem na classificação.

O Ribeirão da Areia neste ponto apresentou largura média de 23 m durante o período de estiagem e 26 m durante o período chuvoso. A profundidade estimada neste ponto durante a primeira avaliação foi de 2,5 m; enquanto que na segunda foi de 3 m. Na avaliação do protocolo, foram atribuídos 40 pontos durante inverno e 38 pontos durante verão, categorizando-o como “bom”, conforme apresenta Gráfico 10. Não houve alteração significativa entre as duas avaliações, mantendo-se o padrão verificado na primeira, com exceção do parâmetro “Transparência da água”.

Gráfico 10 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

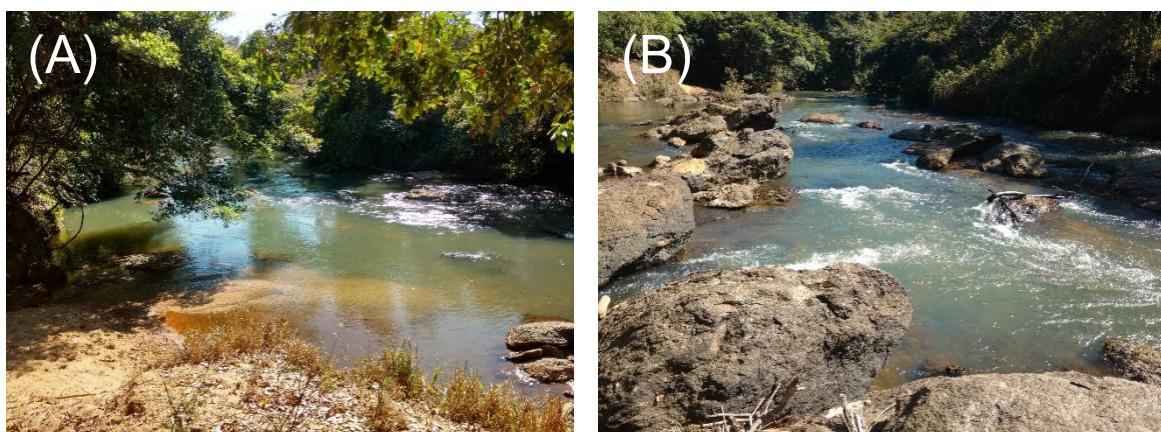
Embora o ponto esteja inserido em uma propriedade rural onde se desenvolve atividade de criação de bovinos, o trecho apresentou como tipo de ocupação das margens a vegetação natural, com trechos proeminentes de campos de pastagem. As margens, no entanto, apresentaram elevado processo erosivo, apresentando

instabilidade. Os solos da região são classificados em latossolos vermelhos, embora se tenha constatado a presença de solos mais claros. Geomorfologicamente, a área é classificada como zona de erosão recuante, isto é, com alto grau de instabilidade e processos de dissecação acentuados.

A análise do PAR apontou ausência de alterações antrópicas nas margens (conforme Parâmetro 3). A cobertura vegetal verificada sobre o leito é parcial, permitindo sombreamento das encostas, barrancos e conglomerados no leito. A densidade da mata ciliar, no entanto, enquadrou-se entre 50 e 80%, com largura variando entre 12 e 18 m, apresentando pequena influência antrópica. As margens opostas apresentaram extensão e densidade maiores de mata, com difícil acesso devido à forte declividade. Não foram encontrados resíduos nas margens, tampouco a presença de oleosidade nas margens e na água.

A lâmina d'água no ponto enquadrou-se entre 40 e 80% do canal do Ribeirão, com substrato marginal a ser inundável em períodos chuvosos, conforme disposição do canal na Figura 26, disposta a seguir. Não há alterações antrópicas do canal nas proximidades, nem dragagem, mantendo o padrão normal do mesmo. A sede da propriedade rural é a edificação rural mais próxima, distando cerca de três quilômetros do trecho avaliado.

Figura 26 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: (A) deságue de tributário e presença de sedimentos na margem inundável; (B) disposição e presença de material rochoso no leito



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

Conforme se analisa na analisa na Figura 26-A, em determinados pontos há a presença de acúmulo de areia, depositada após períodos de cheia. O leito se caracteriza com forte presença de material rochoso. Embora se constatem pequenos trechos rápidos, a turbidez durante estiagem não foi acentuada, atribuindo à água classificação no parâmetro 9 como transparente. Todavia, durante período chuvoso, a quantidade de material suspenso foi significativamente maior atribuindo cor mais escura à água, conforme Figura 27.

Figura 27 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: leito durante período chuvoso



Autor: PEDROSO, L. B., 2017.

A presença de fluxos rápidos e a maior competência do ribeirão durante período de cheias contribuíram também para intensificação de processos erosivos, associados à solapamento de barrancos.

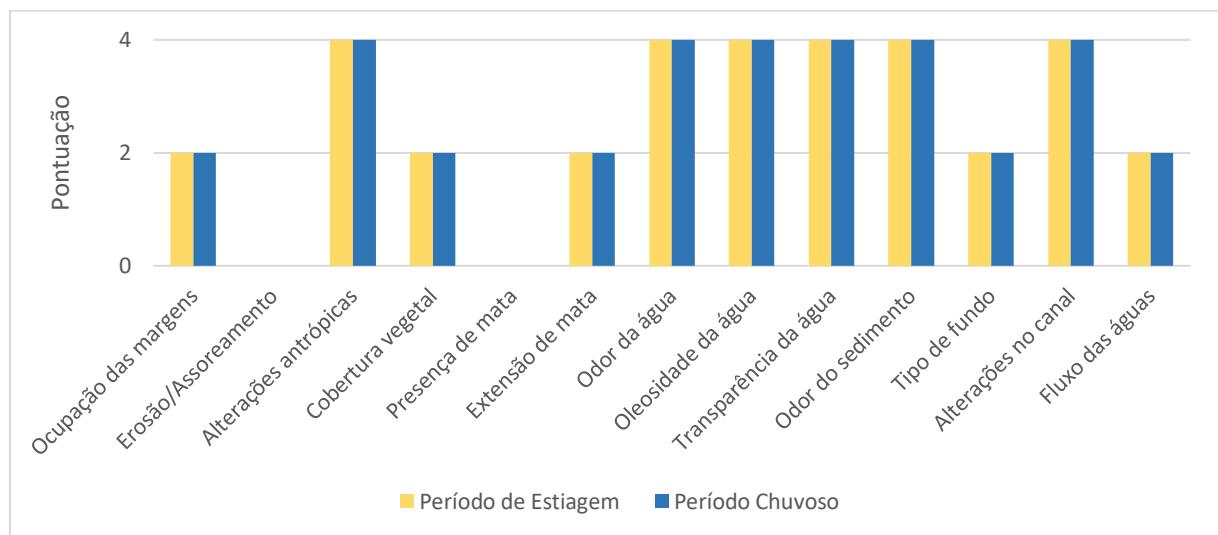
Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso

A análise deste trecho permite a compreensão do estado do baixo curso do Ribeirão da Areia e também dos Ribeirões do Mimoso e das Araras, uma vez que são entendidos como seus tributários. O ponto localiza-se entre as coordenadas de 18°1'9.57" de latitude sul e 48°55'44.64" de longitude oeste, com altitude de 579 m.

Importante ressaltar que o ribeirão faz a divisão político-administrativa dos municípios de Buriti Alegre (ao sul) e Morrinhos (ao norte).

Na aplicação do PAR, o trecho recebeu 34 pontos para ambos períodos, não apresentando significativa variabilidade na aplicação do PAR entre inverno e verão, enquadrando-se na categoria “boa”, conforme apresenta o Gráfico 11.

Gráfico 11 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Extrato do PAR para os períodos de estiagem e chuvoso



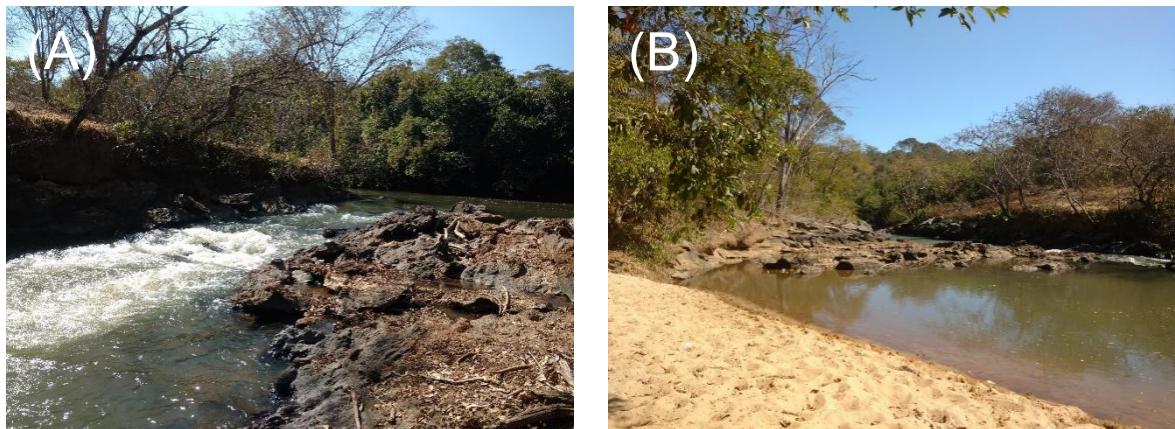
Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

O tipo de ocupação da área deste ponto do Ribeirão da Areia se dá por vegetação natural, sendo o acesso por meio de propriedade rural, onde se desenvolve criação de bovinos. Há, desta forma, muitas áreas de pastagem próximas ao local de análise. Verificou-se, próximo às margens, intensa atividade erosiva, tornando as encostas instáveis, situação semelhante a do ponto anterior. Em relação aos aspectos pedológicos e geomorfológicos, o Ponto 10 encontra-se na mesma zona do Ponto 09, apresentando mesma condição de solos e relevo.

Tal condição associada à baixa densidade da vegetação ciliar contribui para a susceptibilidade de intensificação destes processos. A mata ripária dispõe de largura entre 12 e 20 m, com trechos de solo exposto, indicando desflorestamento. Em alguns trechos, a grande quantidade de areia nas margens dificulta o desenvolvimento de espécies arbóreas.

A área inundável do canal e o fundo do mesmo apresentam muitas rochas, não se verificando alterações provenientes de ações antrópicas no leito, que poderiam interferir no padrão normal. Tais rochas são cobertas no período chuvoso, enquanto que a análise no período de estiagem demonstrou que a lâmina d'água ocupou entre 40 e 80% do canal, com grande parte do substrato exposto (Figura 28-A). No mesmo local, verifica-se estreitamento do canal, influindo em maior velocidade no deslocamento das águas. Próximo ao local de coleta, há também trecho lento, com presença de remanso da água, o que favorece o acúmulo de sedimentos nas margens.

Figura 28 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: (A) leito na área de análise; (B) trecho de remanso



Autor: PEDROSO, L. B., 2016.

A análise da água pelos parâmetros propostos no PAR indicou bons resultados. Em relação ao Parâmetro 9, constatou-se transparência, com baixa turbidez no ponto indicado, mesmo com presença de rápidos. Não havia presença de oleosidade na água, tampouco materiais sólidos nas margens que indicassem presença antrópica intensa. Também verificou-se que a água e os sedimentos não apresentaram odor específico, com exceção de pontos específicos, nos quais, havia acúmulo de dejetos de animais.

Assim como no Ponto 09, as edificações mais próximas distam em poucos quilômetros do trecho analisado, assegurando pequena intervenção direta de atividades sobre o leito.

6 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA AREIA

A água contém diversos elementos e componentes que acusam seu caráter natural e, em algumas situações, alterações antrópicas. Para a avaliação e caracterização dos corpos hídricos, é necessária uma análise de parâmetros e indicadores que apresentem o estado de qualidade dos corpos hídricos, acusando presença de impurezas e elementos que estão acima de seu limite comum, inviabilizando o uso do corpo hídrico para determinados fins (VON SPERLING, 1996).

As análises a seguir visam abordar e discutir resultados de parâmetros físico-químicos e bacteriológico dos pontos pesquisados neste trabalho, mediante comparação com limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Em sequência, mediante congruência de tais dados, são apresentados os respectivos índices referentes à qualidade de água para cada ponto. Por fim, visando a compreensão da influência de cada um dos parâmetros de análise, sobre a oscilação do IQA, foi aplicado coeficiente de correlação linear de Pearson, possibilitando a avaliação da intensidade da correlação entre duas variáveis.

6.1 Análise dos Parâmetros de Qualidade das Águas

Para fins de classificação dos corpos hídricos mediante resultados dos parâmetros de análise da qualidade das águas, é importante observar que os cursos d'água da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia não receberam devido enquadramento legal na legislação vigente.

Essa realidade não é específica da referida bacia, mas sim do Estado de Goiás, pois tal enquadramento é específico e individualizado, o que ainda não se verifica (FRANCO, 2012).

Assim sendo, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, em seu Art. 42:

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

Assim sendo, foi adotado como padrão o conjunto de valores relativos à Classe 2 de águas doces no respectivo instrumento legal. As análises de cada ponto são apresentadas em sequência.

Ponto 01 – Córrego Pipoca

A análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água para os períodos de estiagem e chuvoso apresentou valores descritos na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	17	28
Temperatura da Água	°C	-	19	26
Turbidez	uT	100	4,18	4
pH	-	6,0 a 9,0	6,69	6,77
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	8	4
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	8	4
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	8,6	4,98
Nitrito Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0
Condutividade	µS/cm	NR	15,65	9,06
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	0
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	7,3	5,7
DBO	mg/L O ₂	5	0,7	0,7
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	0,361
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	12	0

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Durante o período de estiagem, os parâmetros de temperatura apresentaram condição de normalidade pelo horário de coleta das amostras, realizadas ao início da manhã. A temperatura da água apresentou superior à do ambiente, pela própria condição de maior capacidade de manutenção térmica por condição ambiente do dia anterior. Para o período chuvoso, as condições apresentadas demonstraram seguir o

mesmo padrão, não indicando alterações provenientes de lançamentos de efluentes próximos.

O parâmetro turbidez respondeu por 4,18 uT durante o período de estiagem, e 4 uT para o período chuvoso, estando dentro do limite definido para a Classe 2 de águas conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 100 uT. Ressalta-se a importância deste parâmetro na função estético-organoléptica, acusando materiais em suspensão, tornando a água turva e dificultando a penetração da luz na água, o que pode desencadear dificuldades no que tange o processo fotossintético (MEDEIROS, 2003).

Os valores de pH, de 6,69 e 6,77, respectivamente, encontram-se também dentro da média para o padrão de referência utilizado, indicando suficiência para dinâmica limnológica e para a qualidade da água para distintos usos. A alcalinidade e a dureza apresentaram ambas 8 mg/L de CaCO₃ para o inverno, e 4 mg/L de CaCO₃ para o verão, isto é, valores que acusam de baixa concentração de íons de cálcio nas amostras de ambas avaliações.

Conforme as formas de uso e ocupação do solo na respectiva área, apresentadas no capítulo anterior, verificou-se que não se constatam fontes de lançamentos de efluentes próximas que poderiam alterar de forma significativa o pH ou os demais parâmetros presentes na análise.

A concentração de cloretos para o respectivo ponto durante as duas análises acusou 0,5 mg/L de Cl⁻, valor considerado baixo. Para a Embrapa (2011), as concentrações mais altas se dão em locais com águas residuais e com presença de esgotos sanitários.

O resultado para sólidos totais acusou 8,6 mg/L para o inverno e 4,98 mg/L durante o verão, também valores considerados abaixo do limite tolerável, que é de 500 mg/L, indicando baixa dispersão de sólidos e materiais particulados em suspensão no corpo hídrico.

As análises de nitrato total indicaram ausência de elementos da série nitrogenada, cujo processo se dá por dinâmica de bactérias em processos de nitrificação, oxidação de amônio a nitrito e de nitrito a nitrato, e de denitrificação, redução de nitrato a óxido nitroso (N₂O) e nitrogênio molecular (EMBRAPA, 2011), considerando que a água potável não pode ultrapassar o limite de 10 mg/L de NO₃⁻.

A condutividade, por sua vez, respondeu por 15,65 µS/cm para a análise realizada no período de estiagem, e 9,06 µS/cm para o período chuvoso, cuja variação se dá mediante concentrações iônicas, de sais e variação de temperatura. Conforme CETESB (2001) e Abdalla (2012), em níveis superiores a 100 µS/cm, é possível afirmar que o ambiente foi impactado.

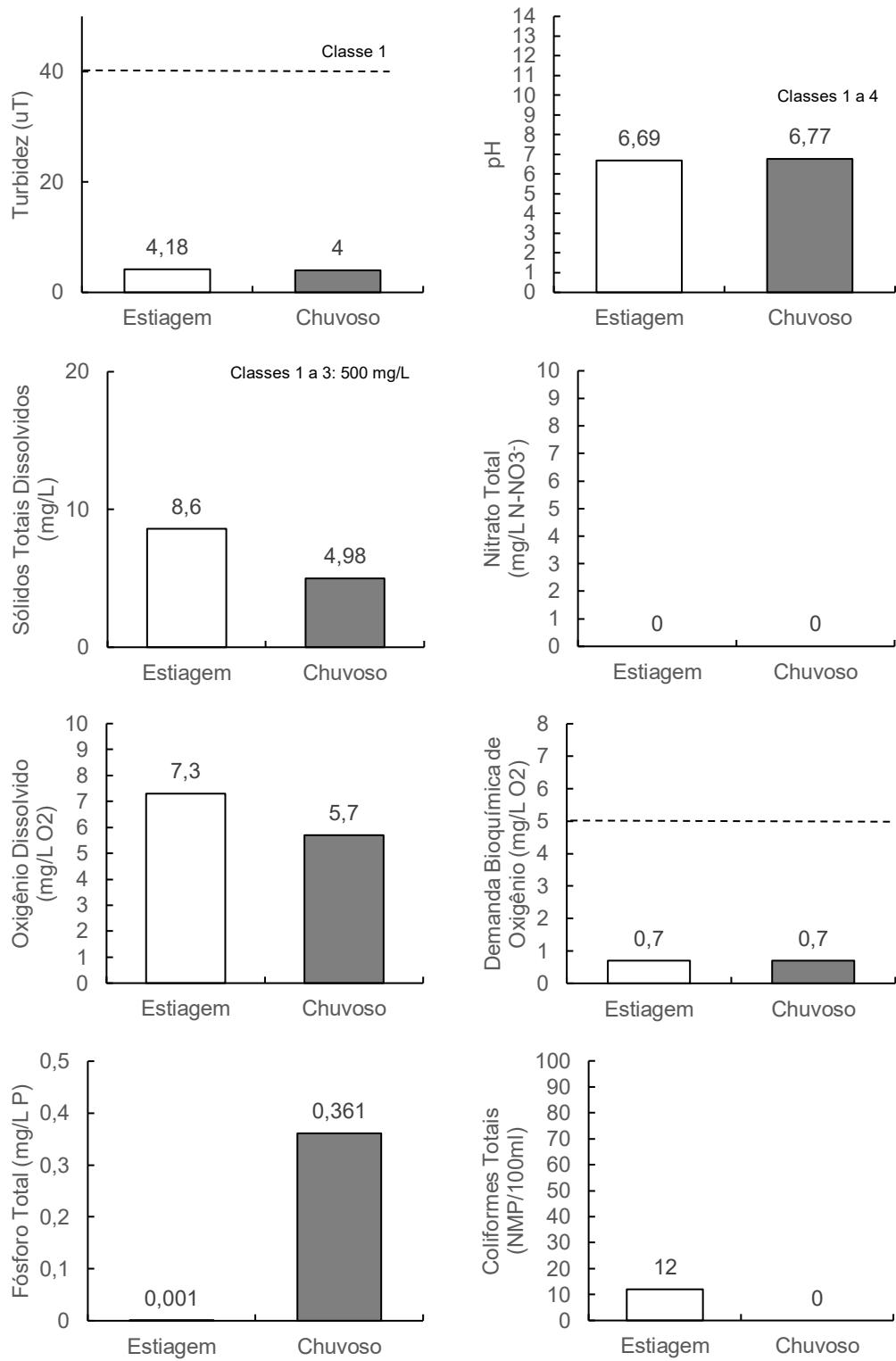
A análise de sulfato apontou o valor de 1 mg/L no inverno. As altas concentrações de enxofre nas águas estão associadas a minerais dissolvidos, como a gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anidrita (CaSO_4), barita (BaSO_4), entre outros (EMBRAPA, 2011), bem como seu processo de oxidação em condições aeróbias, passando a forma de sulfatos, o que é basicamente inexpressivo dadas às condições naturais do corpo hídrico no respectivo ponto de análise. A análise do verão não identificou presença de sulfatos na amostra.

A análise para fósforo total resultou em valores de <0,001 mg/L durante o inverno. Todavia, durante a segunda análise, realizada durante o verão do ano seguinte, constatou-se valor de 0,361 mg/L, valor acima do limite tolerável pela Resolução CONAMA, que é de 0,05 mg/L. Embora a presença de fósforo não tenha implicações sanitárias na qualidade da água (MOTA; SPERLING, 2009), altas concentrações de fósforo podem indicar presença de fosfatados provenientes de lançamentos de efluentes domésticos, industriais e drenagem agrícola, sendo considerado em elevadas quantidades um nutriente eutrofizante. A distribuição do fósforo na coluna d'água também está relacionada a fatores bióticos e abióticos (MELO, 1998; SIQUEIRA; APRILE; MIGUÉIS, 2012).

Acredita-se que no respectivo ponto, pelas condições de sanidade verificadas localmente, esta alta concentração seja proveniente de um lançamento de efluente local direto, próximo à área. Embora não tenha sido verificado por questões de acesso, além das fossas sanitárias, é comum a prática do destino inadequado de efluentes em corpos d'água que não venham a ter captura de águas para consumo à jusante.

A síntese dos respectivos parâmetros de análise exclusivos do IQA e as comparações para com os limites estabelecidos para a legislação vigente no respectivo ponto de análise são apresentadas no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Ponto 01 – Córrego Pipoca: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

O oxigênio dissolvido foi de 7,3 mg/L na primeira análise, acima do mínimo exigido para águas de Classe 2, que é de 5 mg/L, assegurando valores essenciais à manutenção da vida de organismos aeróbicos presentes no ambiente aquático. A segunda análise, embora tenha resultado em 5,7 mg/L de O₂, valor mais próximo ao limite, também apresentou normalidade para a Classe 2. Já a demanda bioquímica de oxigênio apresentou 0,7 mg/L de O₂ para os dois períodos de análise, indicando uma baixa demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica presente no corpo hídrico.

Os resultados para a amostra bacteriológica, que visa analisar a presença de coliformes fecais, acusaram o valor de 12 NMP/100 mL durante o período de estiagem, e 0 para o período chuvoso, valores dentro do limite tolerável, que é de 1000 NMP/100 mL. Este parâmetro, por si só, revela em partes a qualidade do corpo hídrico, relacionando-se com padrões de potabilidade, uma vez que as bactérias encontradas em tais análises são responsáveis por uma série de doenças de veiculação hídrica.

A análise geral dos parâmetros permite concluir que as águas do Ponto 01 atendem aos requisitos para Classe 2 e, em alguns casos, inclusive classes mais rigorosas, com exceção dos valores de fósforo total.

Ponto 02 – Córrego da Samambaia

As análises para o Ponto 02 – Córrego da Samambaia, representante do alto curso do Ribeirão das Araras, apresentaram resultados dispostos na Tabela 4.

As temperaturas ambiente e da água para o Córrego das Samambaia no período de estiagem acusaram 19 e 20 °C, respectivamente, consideradas normais para o período de coleta, próximo às 08:30, não indicando variação térmica significativa por prováveis lançamentos de efluentes. Para a coleta realizada no verão, considerado período chuvoso, tem-se a água com temperatura 25,5 °C e ambiente com 35 °C, também comuns para o horário de trabalho em campo.

Tabela 4 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	19	35
Temperatura da Água	°C	-	20	25,5
Turbidez	uT	100	23,8	15
pH	-	6,0 a 9,0	7,02	5,5
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	54	31
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	30	4
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	1,5
Sólidos Totais	mg/L	500	32,23	52,14
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0
Condutividade	µS/cm	NR	58,6	94,8
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	3	2
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	7,5	6,1
DBO	mg/L O ₂	5	4,3	2,6
Fósforo Total	mg/L P	0,05	0,025	0,225
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	24	74

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

A turbidez, por sua vez, resultou em 23,8 uT durante estiagem e 15 uT durante período de chuvas, valores superiores a do ponto anterior, porém, dentro dos limites toleráveis pela resolução CONAMA. Tal valor relaciona-se também a quantidade de sólidos em suspensão, o qual também apresentou valores elevados, com 32,23 mg/L e 52,14 mg/L, respectivamente, sendo este último, o segundo maior valor de sólidos totais durante as análises do verão.

O valor dos sólidos foi superior ao resultado acusado no Córrego Pipoca para ambos períodos, cuja concentração foi de 8,6 mg/L e 4,98 mg/L, respectivamente. Segundo ANA (2005), diferentes processos podem estar associados à carga de sólidos em suspensão, como o desbarrancamento de margens, que pode suspender materiais mais finos como silte e argila; até mesmo lançamentos domésticos e industriais que, se associados a outros parâmetros de análise da água, podem acusar valores que revelam poluição e/ou contaminação dos cursos d'água.

O pH apresentou padrão de neutralidade durante inverno, com valor de 7,02, enquanto que no verão, os resultados apontaram acidez, com pH de 5,5. A titulometria acusou alcalinidade e dureza de 54 e 30 mg/L de CaCO₃ na primeira análise. Já no período chuvoso (verão), os resultados apontaram concentrações de 31 e 4 mg/L de

CaCO_3 . A redução na concentração de carbonatos durante o período chuvoso era esperada, por conta do aumento do volume das águas, afetando a relação de solubilidade. Embora os resultados da primeira análise sejam superiores a outros pontos pesquisados, tais valores, em específico da dureza, estão distantes do teor máximo para potabilidade segundo Portaria MS nº 2.914/2011 (BRASIL 2011), que é de 500 mg/L.

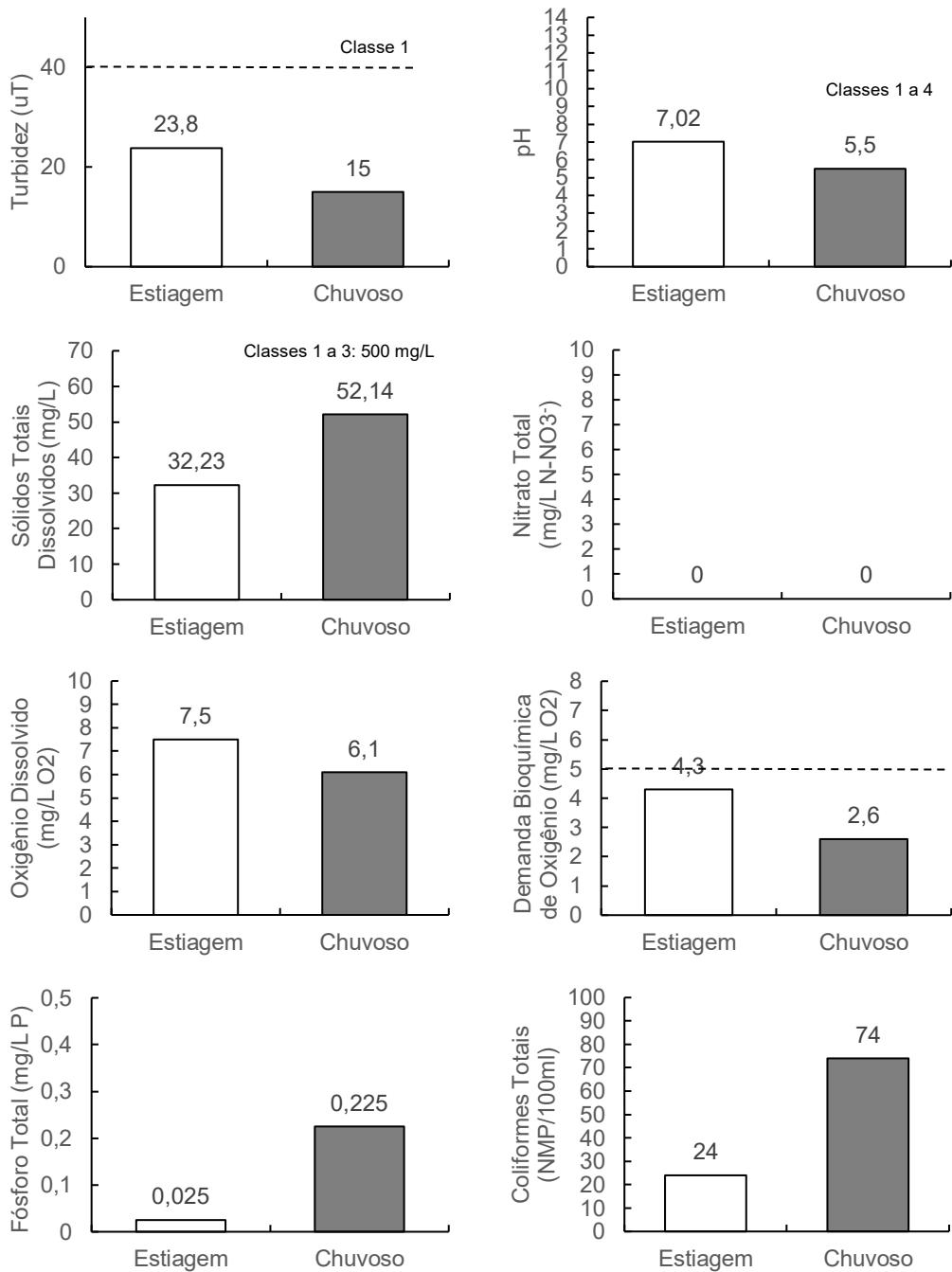
O total de cloretos foi de 0,5 e 1,5 mg/L para período seco e de cheias, respectivamente, valores considerados bem abaixo do volume máximo tolerável. A concentração de nitratos para o Córrego da Samambaia foi 0, indicando ausência de íons de NO_3^- no ponto durante o período de estiagem. Conforme Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003), a concentração de nitrato, além de indicar material orgânico de origem alóctone, associa-se a proliferação de organismos e indica o nível de eutrofização da água. Baixos índices, por sua vez, induzem a uma boa qualidade hídrica. Já a concentração de sulfato, embora não tenha sido nula, foi bastante baixa, com valor de 3 mg/L para o inverno e 2 mg/L para o verão.

A condutividade foi de 58,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 94,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores também considerados de baixo impacto. Os resultados para o OD e DBO acusaram 7,5 e 4,3 mg/L de O_2 , para o período seco. Para o período chuvoso, tem-se os valores de 6,1 e 2,6 mg/L de O_2 .

O valor para a DBO da primeira análise, embora não tenha ultrapassado o limite estipulado para as águas de Classe 2, aproximou-se, indicando determinado estado de atenção quanto ao consumo de oxigênio nas águas deste córrego. O respectivo ponto, durante o período de estiagem, apresentou represamento das águas próximas à área de coleta, o que pode gerar baixa movimentação/turbulência e, consequentemente, baixa oxigenação da mesma, elevando assim a demanda por oxigênio.

Durante o período chuvoso, com a devida alteração do canal e aumento do fluxo superficial de água, tem-se a resultante queda da demanda e da concentração de oxigênio no curso. Todavia, altos valores de DBO acusam sobretudo lançamento de esgotos domésticos, o que não é o caso deste ponto (ANA, 2005).

Gráfico 13 – Ponto 02 – Córrego da Samambaia: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

O fósforo total foi de 0,025 mg/L durante inverno, com limite tolerável de 0,05 mg/L, estando dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente. Contudo, a análise realizada no verão, por sua vez, resultou na concentração de 0,225 mg/L de fósforo, e assim como no primeiro ponto, acima do limite tolerável.

O teor de coliformes fecais para o Ponto 02 foi de 24 e 74 NMP/100 mL, respectivamente, ambos dentro do VMP para resolução CONAMA.

Assim como no Ponto 01, a análise geral dos parâmetros permite concluir que as águas do Ponto 02 atendem aos requisitos para Classe 2 e em alguns casos, classes de maior rigorosidade devido aos usos, com exceção dos valores de fósforo total, especificamente no período chuvoso. Os resultados comparados aos limites podem ser observados no Gráfico 13.

Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio curso

O Ponto 03 refere-se à sequência do Ponto 02 – Córrego da Samambaia, abordado anteriormente, pois trata-se do mesmo segmento, com incremento de águas provenientes de outros cursos da mesma micobacia. Na tabela a seguir, são apresentados os resultados das análises laboratoriais para o médio curso do Ribeirão das Araras.

As temperaturas ambiente e da água para o respectivo ponto durante o período de estiagem foram de 19 °C e 18 °C, e durante período chuvoso foram de 25 °C, ambas, respectivamente, estando em consonância com os horários de coleta, não demonstrando influência de lançamentos no corpo hídrico capazes de alterar significativamente as condições térmicas locais.

A turbidez aferida em 4,62 uT e 11 uT, foi menor do que a aferida no ponto anterior, de 23,8 uT e 15 uT, respectivamente. No entanto, o resultado da análise de pH foi maior, com 7,28 e 7,3 para períodos seco e chuvoso.

A alcalinidade e a dureza caíram significativamente em comparação com o Córrego Samambaia (alto curso deste corpo hídrico), para 12 e 10 mg/L CaCO₃, no período de estiagem, e 10 e 8 mg/L CaCO₃, período de cheias, respectivamente, acusando menor concentração de íons de cálcio nas amostras. Portanto, do alto para baixo cursos, houve variação proporcional dos parâmetros supracitados para ambos períodos de amostragem.

Tabela 5 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio Curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	19	25
Temperatura da Água	°C	-	18	25
Turbidez	uT	100	4,62	11
pH	-	6,0 a 9,0	7,28	7,3
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	12	10
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	10	8
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	10,25	11,52
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0
Condutividade	µS/cm	NR	18,64	20,96
Sulfato	mg/L SO ₄ ⁻	250	1	1
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	8,1	6,5
DBO	mg/L O ₂	5	0,8	0,2
Fósforo Total	mg/L P	0,05	0,039	0,005
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	84	46

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Constatou-se também que a condutividade foi menor que em seu alto curso, caindo de 58,6 para 18,64 µS/cm durante inverno, e 94,8 para 20,96 µS/cm no verão, seguindo uma tendência natural pela variação constatada nos demais parâmetros.

A concentração de cloreto foi de 0,5 mg/L para as duas épocas analisadas no Ponto 03. Houve variação em relação ao alto curso (Ponto 02) somente durante o verão, onde registrou-se 1,5 mg/L Cl. Todavia, a quantidade de sólidos totais foi menor durante o inverno, com 10,25 mg/L, bem como no verão, com 11,52 mg/L. O pequeno aumento em relação às duas análises neste trecho de análise refere-se à condição natural em razão dos eventos pluviométricos registrados no segundo período.

Os resultados das análises de nitrato e sulfato se diferiram pouco daqueles propostos para o alto curso (Ponto 02). Durante o período seco, o primeiro resultou em 0 mg/L de NO₃⁻, mantendo-se ausente no corpo hídrico, enquanto que para sulfatos houve redução de 3 para 1 mg/L de SO₄⁻. Essa redução evidencia a capacidade de autodepuração do ribeirão ao longo de seu percurso. Durante o período chuvoso, também se constatou ausência de nitratos e manteve-se a proporção de 1 mg/L de SO₄⁻ neste terceiro ponto trabalhado.

Tratando-se de um trecho de maior velocidade e turbulência nas águas, com presença de pequenos rápidos, a concentração de oxigênio dissolvido na primeira análise foi de 8,1 mg/L, superior à do Córrego das Samambaias, de 7,5 mg/L. Na segunda análise, o OD foi aferido em 6,5 mg/L, também superior ao trecho analisado a montante.

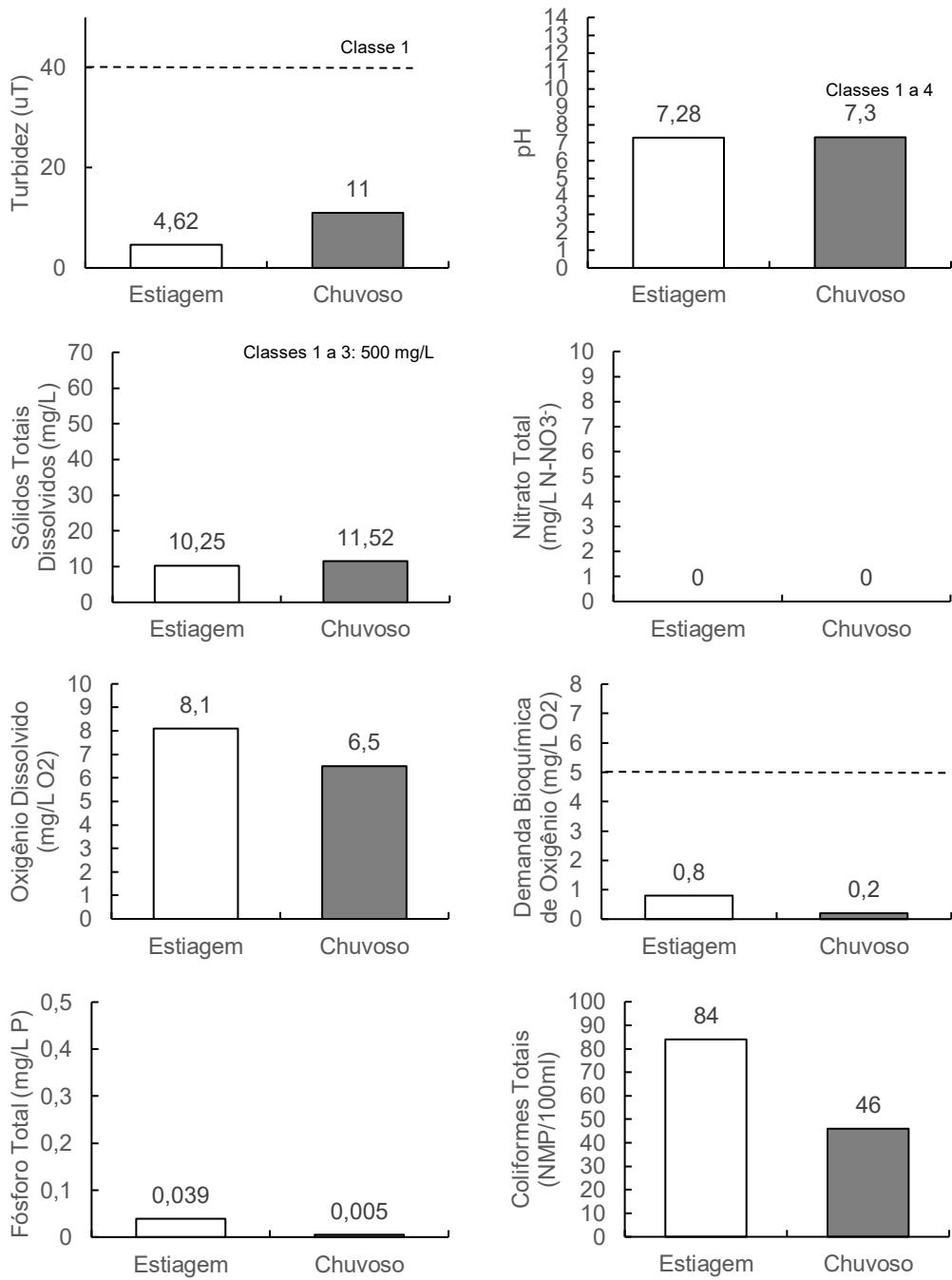
A primeira análise de DBO apontou, 0,8 mg/L O₂, enquanto que a aferição durante o verão resultou em 0,2 mg/L O₂. Para ambos períodos, a DBO deste trecho foi inferior à do alto curso. Ambos resultados indicam melhora significativa na qualidade das águas do respectivo ribeirão.

O fósforo total para o primeiro período foi de 0,039 mg/L P, ainda dentro dos limites estabelecidos pela legislação para águas de Classe 2, da mesma forma para a concentração de coliformes fecais, cujo resultado da análise bacteriológica acusou a presença de 84 NMP/100 mL, mais que o dobro do que fora encontrado no ponto anterior. Durante o período chuvoso, a concentração de fósforo foi de 0,005 mg/L; já em relação aos coliformes, quantificou-se 46 NMP/100 mL, ambos resultados dentro da normalidade.

Embora tenha se constatado determinada melhoria em alguns parâmetros físico-químicos na análise comparativa entre os Pontos 02 e 03, a análise bacteriológica demonstrou aumento nas concentrações de coliformes termotolerantes em relação aos dois pontos para o período seco. Isso indica que, em algum trecho entre os dois locais averiguados, pode haver lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais.

O gráfico que sintetiza a relação dos resultados deste ponto com os volumes tolerados é apresentado a seguir.

Gráfico 14 – Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio Curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio curso

O Ponto 04, localizado no médio curso do Ribeirão da Areia representa a continuidade do Ponto 01 – Córrego Pipoca. Houve variação altimétrica de 161m,

correspondente a diferença entre os 787 m do alto curso para os 626m do médio curso. Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises hídricas para o respectivo local.

Tabela 6 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio Curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	22	25
Temperatura da Água	°C	-	19	24,5
Turbidez	uT	100	6,5	52
pH	-	6,0 a 9,0	7,4	7,45
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	30	35
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	28	26
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	2
Sólidos Totais	mg/L	500	35,14	43,01
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0,02	0,18
Condutividade	µS/cm	NR	63,9	78,2
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	4
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	8,2	6,5
DBO	mg/L O ₂	5	0,7	3
Fósforo Total	mg/L P	0,05	0,161	<0,001
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	58	508

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Devido ao horário de coleta das águas, a temperatura se manteve dentro da normalidade, estando a temperatura do ambiente a 22 °C durante primeira análise e 25 °C na segunda. A temperatura da água foi aferida em 19 e 24,5 °C no inverno e verão, respectivamente.

Durante o primeiro período de análises, o trecho não apresentou muitos rápidos, nem quedas significativas, resultando em baixa turbidez, com valor de 6,5 uT, bem como quantidade de sólidos totais também em níveis não significativos, com 35,14 mg/L. Já durante o verão, a turbidez apresentou aumento considerável, registrando 52 uT. Os sólidos em suspensão, por sua vez, subiram para 43,01 mg/L. A variação para com seu alto curso (Córrego Pipoca) foi pouco expressiva em ambos parâmetros para as análises realizadas no verão. No inverno, este trecho se mostrou com valores mais acentuados que o local que representa o seu alto curso, apresentando, portanto, peculiaridades locais, associadas à existência de trechos

rápidos exaltados durante o período chuvoso, bem como de interferência antrópica, mediante lançamentos de efluentes.

Na primeira avaliação, o pH apresentou valor de 7,4, mais acentuado que no Ponto 01, cujo valor correspondente foi de 6,69. Na segunda avaliação, o pH foi de 7,45, também superior ao do alto curso, que foi de 6,77. A alcalinidade e a dureza apresentaram 30 e 28 mg/L de CaCO₃, no inverno, e 35 e 26 mg/L de CaCO₃ no verão, respectivamente. Tais resultados também apresentam padrão de normalidade para o trecho analisado.

Em relação aos cloretos, assim como nos pontos anteriores, os resultados apresentaram 0,5 mg/L de Cl para o período seco. No período seguinte, houve um aumento para 2 mg/L de Cl. Já para a primeira análise de nitratos, ao contrário dos pontos anteriores, constatou-se a presença de 0,02 mg/L de NO₃⁻. Na segunda análise, houve elevação do valor para 0,18 mg/L, contudo, valor ainda bem abaixo do limite tolerável, que é de 10 mg/L. O sulfato resultou em 1 e 4 mg/L, respectivamente. Embora o valor de 4 mg/L seja o maior registrado para toda a pesquisa, também encontra-se distante do VMP da resolução, que é de 250 mg/L.

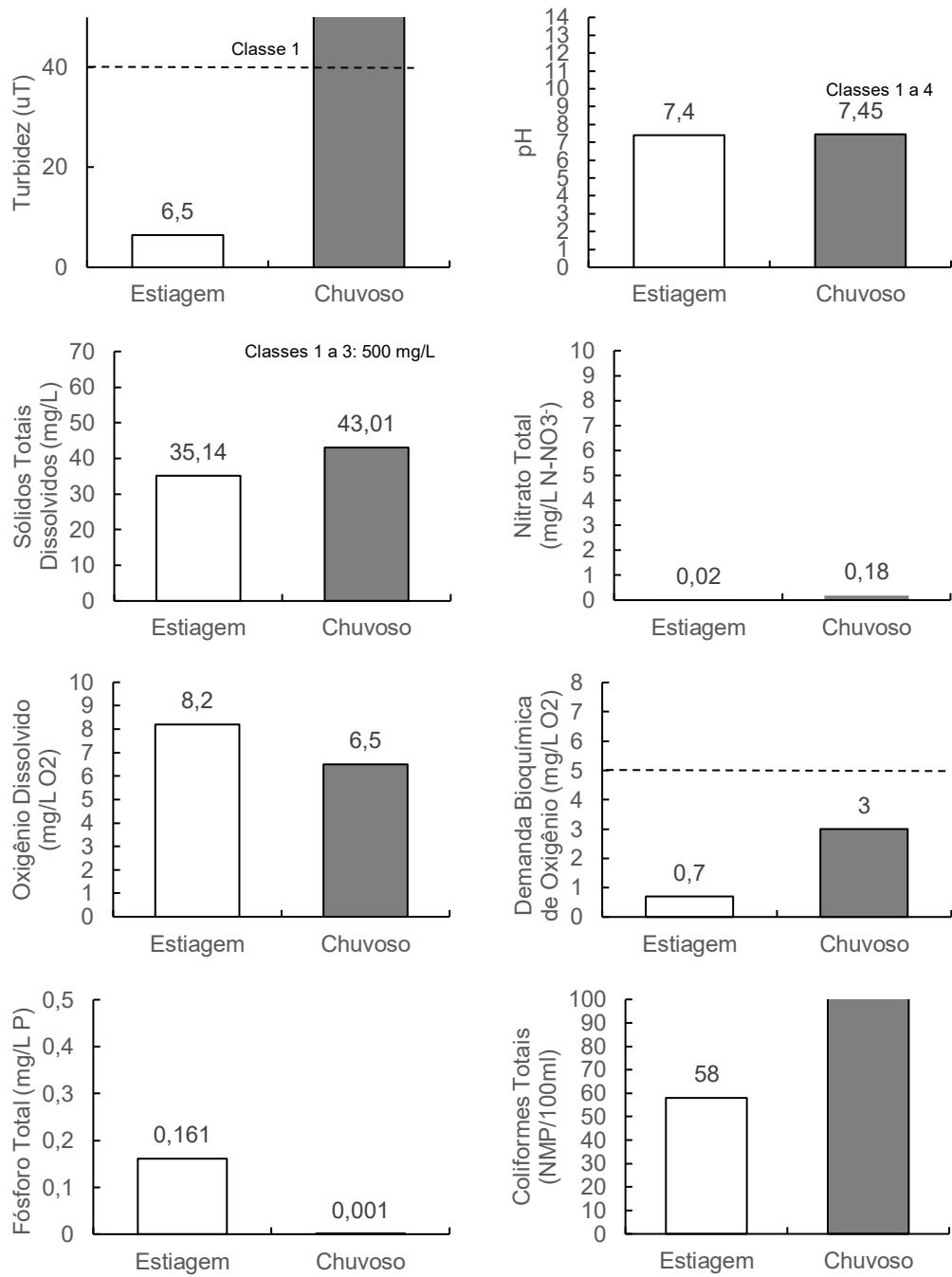
Vale destacar que “os processos industriais podem adicionar quantidades significantes de sulfato às águas naturais, principalmente àqueles relacionados à atividade de mineração” (RIGHETTO, 2009, p. 92). Ainda que nas proximidades não sejam visualizadas atividades industriais, é provável que a montante haja algum lançamento que possa ter influência sobre essa pequena alteração.

A condutividade foi mais elevada para o ponto durante o período de estiagem, com valor de 63,9 µS/cm, indicando presença de íons e temperatura mais adequada para a condução de corrente elétrica. No período de cheias, registrou-se valor ainda superior, com 78,2 µS/cm.

Os resultados para OD e DBO apresentaram resultados satisfatórios durante primeira avaliação, indicando boa qualidade das águas no ponto, com 8,2 e 0,7 mg/L de O₂. No segundo período, os valores de 6,5 e 3 mg/L de O₂ também estão dentro do padrão de normalidade para águas de Classe 2.

No gráfico a seguir, são apresentados os valores dos parâmetros analisados no IQA das amostras dos pontos mediante comparação com a Resolução CONAMA.

Gráfico 15 – Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio Curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

A análise de fósforo total foi bastante anômala se comparada aos demais pontos durante o período de estiagem, superando o volume máximo permitido, que é de 0,05 mg/L. Neste parâmetro, os resultados apontaram uma concentração de 0,161 mg/L de P. No período chuvoso, a concentração foi de 0,001 mg/L, dentro do aceitável.

Altas concentrações de fósforo no corpo hídrico podem indicar lançamentos de efluentes domésticos, industriais e da atividade agrícola. O solo próximo às margens no referido ponto baseia-se no uso para atividade pecuária, por meio de áreas de pastagem. Desta forma, as alterações mais prováveis podem estar relacionadas a essas atividades.

A análise de coliformes fecais no inverno, por sua vez, apresentou valores dentro dos limites toleráveis, com 58 NMP/100 mL. No verão, constatou-se aumento significativo no parâmetro, registrando 508 NMP/100 mL. Embora dentro do limite para Classe 2 (1000 NMP/100 mL), o volume pode oferecer risco à saúde em caso de consumo humano na ausência de tratamento da água.

A localização do ponto foi peremptória para o referido volume, tratando-se de um local com forte influência antrópica, pela presença de moradias e, certamente com lançamentos de efluentes domésticos.

Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano

A análise do trecho pós-urbano torna-se estratégica, na medida em que fornece informações acerca da qualidade hídrica logo após o trecho de maior concentração de atividades antrópicas, estando os corpos hídricos susceptíveis a diferentes influências, as quais podem modificar severamente seus respectivos padrões naturais.

As informações referentes aos resultados das análises do respectivo ponto estão dispostas na Tabela 7.

A coleta para o período de estiagem foi realizada na parte da manhã, com temperatura ambiente e da água mais elevadas, sendo elas 24 e 20 °C, respectivamente, normais pelo horário da amostragem. Para o período chuvoso, as temperaturas aferidas (26 e 25 °C, respectivamente) também se portaram dentro da normalidade para o horário de coleta.

Tabela 7 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	24	26
Temperatura da Água	°C	-	20	25
Turbidez	uT	100	7,95	13
pH	-	6,0 a 9,0	7,01	7,95
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	30	33
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	20	26
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	7	7,5
Sólidos Totais	mg/L	500	53,35	136,18
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0,32	0,6
Condutividade	µS/cm	NR	97	247,6
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	1
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	5,2	3,7
DBO	mg/L O ₂	5	0	3,2
Fósforo Total	mg/L P	0,05	1,49	0,337
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	116	74

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Na primeira análise, a turbidez e os sólidos totais foram um pouco mais acentuados que nos demais pontos (com exceção do Ponto 02, onde se verificou turbidez de 23,8 uT), indicando presença de materiais suspensos em maior quantidade e coloração mais forte, cujos valores apontaram para 7,95 e 53,35 mg/L, respectivamente. No verão, a turbidez e os sólidos foram registrados em 13 e 136,18 mg/L, valores próximos ao dobro daqueles verificados na primeira amostragem.

O referido valor de turbidez foi o maior registrado em toda a pesquisa. Tal característica reflete a influência do período chuvoso sobre o carreamento e a quantidade de material suspenso. Embora tais registros se mostrem consideravelmente superiores aos demais, ambos encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação para águas de Classe 2, conforme apresentado anteriormente.

O pH manteve-se na neutralidade no inverno, com valor de 7,01; enquanto que no verão, registrou-se 7,95, apresentando caráter um pouco mais básico, sendo este o valor mais alto da pesquisa. A alcalinidade e a dureza apresentaram valores próximos aos dos demais pontos para o inverno, com 30 e 20 mg/L CaCO₃, e 33 e 26 mg/L CaCO₃ respectivamente para o verão. Os cloretos, por sua vez, apresentaram

concentração superior a de todos os demais pontos da pesquisa para o período de estiagem, com valor de 7 mg/L Cl, porém, com concentração ainda bem abaixo do volume máximo permitido, não indicando alterações significativas. Já na segunda avaliação, houve um aumento para 7,5 mg/L Cl, também considerado o maior de todos os pontos. Ressalta-se que altas concentrações deste parâmetro podem indicar contaminação por meio do lançamento de efluentes domésticos e industriais (BRASIL, 2006).

Não diferente, as concentrações de nitrato também foram as maiores dentre os 10 pontos, com 0,32 mg/L NO₃⁻ para o período de cheias e 0,6 mg/L NO₃⁻ para período de estiagem, contudo, ainda dentro dos limites toleráveis. Os resultados apontaram 1 mg/L de sulfato para ambos períodos, apresentando padrão satisfatório.

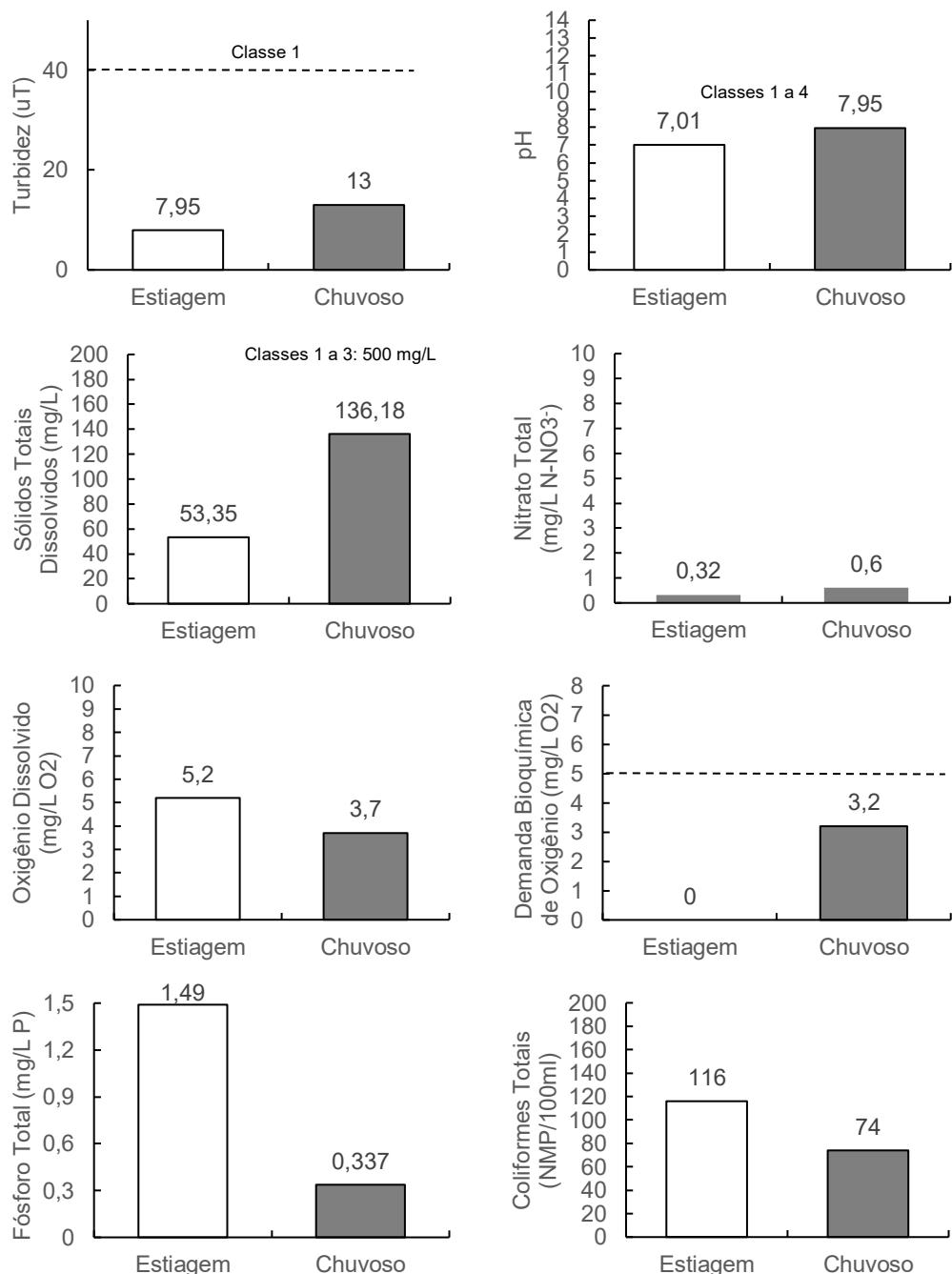
Durante o período de estiagem, os resultados para OD apontaram o menor valor para todos os pontos, indicando alerta em relação a qualidade hídrica, com apenas 5,2 mg/L de O₂, não atingindo o limite tolerável, de no mínimo 5,0 mg/L de O₂. No período chuvoso, tal situação agravou-se, com registro de 3,7 mg/L de O₂, isto é, abaixo do valor mínimo estipulado pela Resolução CONAMA.

Tais valores de OD associados às condições de nitrato presentes na água, indicam determinado processo de eutrofização das águas. A produção de amônia (e sua transformação em nitrito e, posteriormente em nitrato) nas águas pode causar toxicidade a mesma, podendo gerar prejuízos à vida aquática. A quantidade acentuada de nitratos também implicará em problemas de saúde sobretudo quando tais águas forem utilizadas para fins de abastecimento, como a metemoglobinemia (MOTA; VON SPERLING, 2009).

Além dos baixos valores de OD, os resultados apontaram 0 mg/L de O₂ para DBO durante período seco. Isto é, pouca oxigenação na água e demanda nula em termos de biota e microbiota aquática aeróbias, que, por meio da respiração, depuram a matéria orgânica presente nos corpos hídricos. Lançamentos de efluentes domésticos podem superar a capacidade de autodepuração dos corpos d'água, reduzindo significativamente o oxigênio dissolvido. Durante período chuvoso, registrou-se volume maior, com 3,2 mg/L de O₂, o que atenua a situação registrada anteriormente.

As condições gerais dos parâmetros que são avaliados no IQA e suas respectivas comparações para com os limites estabelecidos estão apresentados no Gráfico 16.

Gráfico 16 – Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Outro resultado negativo do ponto de vista da qualidade ambiental e hídrica foi o quantitativo de fósforo, o qual resultou em 1,49 mg/L para o período seco, ultrapassando o volume máximo permitido para águas cujo uso se enquadra em Classe 2. Durante o verão, a situação também demonstrou certo agrave, com registro de 0,337 de mg/L P. Não obstante, a concentração de coliformes fecais para o Ponto 05 foi a maior de todas as concentrações na pesquisa para o período de estiagem, com 116 NMP/100 mL. Durante a cheia, houve queda para 74 NMP/100 mL.

Estes altos valores podem estar relacionados à lançamentos de efluentes domésticos de chácaras próximas ao local, uma vez que se situa em área próxima ao perímetro urbano. Assim sendo, os maiores valores verificados durante o período chuvoso podem estar associados à maior ocorrência de lançamentos no corpo d'água. Indicam também a possibilidade de ineficácia no tratamento das águas, uma vez que à montante, encontra-se uma estação de tratamento de esgoto.

Em geral, os valores do Ponto 05 acusam estágio intermediário de poluição do curso d'água, o que deve ser analisado com cautela por parte dos órgãos públicos responsáveis pela manutenção da qualidade ambiental e dos recursos hídricos locais.

Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso

O alto curso do Ribeirão do Mimoso é representado pelo Ponto 06, situando-se na porção noroeste da bacia estando a 860 m de altitude. O local é considerado como estratégico devido à intensa atividade agropecuária próxima às margens, apresentando degradação considerável dos solos e da vegetação na área. A coleta da amostra durante o período de estiagem ocorreu às 07:30, sendo a primeira coleta da bateria de coletas do segundo dia de campo. A coleta do segundo período de análises (chuvisco) foi realizada em horário semelhante, às 07:10. As análises resultaram nos dados dispostos na Tabela 8.

As temperaturas ambiente e da água apresentaram valores normais para o horário específico da coleta, com 15 e 19 °C para o inverno, e 21 e 25 °C no verão respectivamente, estando a térmica da água mais elevada por condições ambientais naturais, não apresentando possíveis lançamentos que poderiam afetar condições de temperatura do corpo hídrico.

Tabela 8 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	15	21
Temperatura da Água	°C	-	19	25
Turbidez	uT	100	7,71	6,6
pH	-	6,0 a 9,0	6,42	7,22
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	2	4
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	2	2
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	4,74	4,1
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0
Condutividade	µS/cm	NR	8,62	7,47
Sulfato	mg/L SO ₄ ⁻	250	1	1
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	6,6	4,8
DBO	mg/L O ₂	5	0,4	0,2
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	0,119
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	4	0

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Os valores de turbidez registrados foram de 7,71 e 6,6 uT, estando dentro das condições de normalidade, assim como o pH, cujo resultado apontou 6,42 e 7,22, na sequência já apresentada, não indicando presença de materiais que pudessem alterar significativamente o parâmetro.

A alcalinidade e a dureza apresentaram 2 mg/L de CaCO₃ cada, também valores consideravelmente baixos, acusando pequena concentração de íons de cálcio na respectiva amostra. Já durante o período chuvoso, os valores de alcalinidade dobraram, resultando em 4 mg/L de CaCO₃, enquanto que a dureza se manteve com os mesmos registros. A condutividade foi de 8,62 µS/cm durante a primeira análise, indicando baixo potencial de condução elétrica na amostra. Na segunda, não houve muita discrepância, pelo valor de 7,47 µS/cm.

Da mesma forma, justificado pela ausência de esgotamento sanitário nas proximidades, o índice de cloreto foi muito baixo para ambos períodos, com 0,5 mg/L de Cl⁻, bem abaixo do limite tolerável de 250 mg/L. O mesmo limite de concentração é adotado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 para presença de sulfatos, cuja concentração também foi baixa, com 1 mg/L de SO₄⁻ para as duas coletas realizadas.

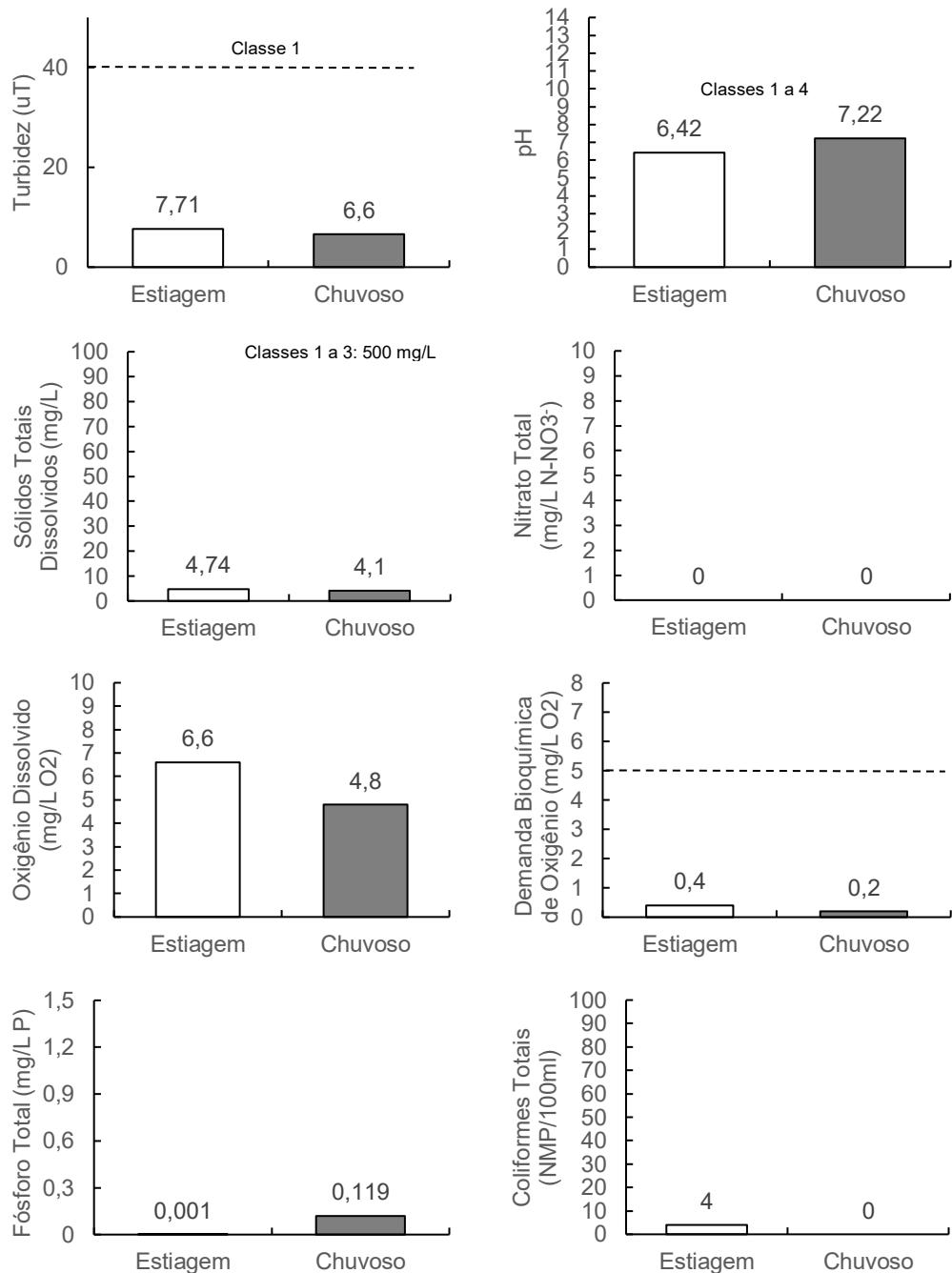
A concentração de sólidos totais foi de 4,74 mg/L para o período de estiagem e 4,1 mg/L para o período de cheias, indicando normalidade característica para o primeiro período. Por se tratar de alto curso, o volume das águas, ainda que no período chuvoso, não aumentou consideravelmente, permitindo determinados remansos e concentração de sólidos na mesma margem da análise anterior.

A análise para nitratos acusou 0 mg/L de NO_3^- para ambos períodos, o que é considerado um ponto positivo. Os resultados para fósforo apontaram uma concentração de <0,001 mg/L para período seco, sendo que ambos valores justificam-se pela ausência de lançamentos de efluentes domésticos e industriais nas proximidades. Todavia, para o período chuvoso, houve o registro de 0,119 mg/L P. Este valor é considerado bem acima do limite de 0,05 mg/L, tolerável para águas de Classe 2, mas ainda abaixo do limite para Classe 2, que é de 0,150 mg/L. Há de se verificar aspectos locais que possam ter alterado estes valores. Sabe-se que o lançamento de efluentes, por si só, alteraria anomalamamente também outros parâmetros, o que foi verificado somente na amostra de OD, em sequência.

Para o OD, os resultados apontaram 6,6 mg/L O_2 para o inverno, valor considerado normal. Para o verão, registrou-se 4,8 mg/L O_2 , sendo que o mínimo exigido é de 5 mg/L O_2 , portanto, distanciando um pouco do limite tolerável. A análise de DBO apontou 0,4 e 0,2 mg/L O_2 , respectivamente, indicando boa qualidade das águas no que se refere à demanda por oxigênio para manutenção da biota aquática no local.

Não obstante, o resultado da primeira análise bacteriológica acusou uma concentração muito pequena de coliformes termotolerantes, com 4 NMP/100 mL, também aquém do limite, que é de 1000 NMP/100 mL. Na segunda análise, a análise acusou 0 NMP/100 mL, indicando boa qualidade perante análise bacteriológica.

Gráfico 17 – Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso

O Ponto 07 representa sequência do Ponto 06, por se tratar do mesmo curso d'água, porém, em seu médio curso, em uma altitude de 688 m, portanto após 172 m

de desnível entre os dois locais. Os resultados das análises hídricas para as amostras deste trecho são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	16	22
Temperatura da Água	°C	-	17	22
Turbidez	uT	100	8,64	19
pH	-	6,0 a 9,0	6,79	7,17
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	15	15
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	16	16
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	13,986	18,04
Nitrito Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0
Condutividade	µS/cm	NR	25,43	32,8
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	2
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	7,8	6,8
DBO	mg/L O ₂	5	0,5	0,2
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	0,005
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	28	108

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Com base na análise da tabela, verifica-se que as temperaturas ambiente e da água aferidas durante a primeira análise apontaram 16 e 17 °C, respectivamente, dentro da normalidade, uma vez que a coleta se deu às 08:25. Já na segunda análise, registrou-se 22 °C para o ambiente e para a água, também em consonância com o período da coleta.

Durante primeira avaliação, não houve variação significativa da turbidez, a qual apresentou 8,64 uT, aumento insignificante se comparado ao alto curso do Ribeirão do Mimoso. Com baixa turbidez, ainda que nem sempre se tenha uma relação direta, é comum que a quantidade de sólidos também seja baixa, como o foi no ponto, com 13,986 mg/L, indicando poucos materiais particulados em suspensão. Na segunda avaliação, a turbidez foi registrada em 19 uT e os sólidos totais em 18,04 mg/L. Ambos parâmetros se mostraram maiores durante o verão, o que é comum por conta do maior volume de águas e consequente turbulência.

O pH registrado foi de 6,79 para o período seco e 7,17 para o chuvoso, sendo estes valores apresentados com pequena variação em relação ao alto curso, cujos registros foram de 6,42 e 7,22, respectivamente. A alcalinidade e a dureza foram de 15 e 16 mg/L de CaCO₃, para ambos períodos, o que indica, em águas naturais, baixa presença de carbonatos, hidróxidos, etc., bem como de compostos de cálcio e magnésio, simultaneamente (BLUMBERG; NETTO, 1956).

A análise de cloretos indicou quantias semelhantes a do Ponto 06, Alto Curso do Ribeirão Mimoso, ou seja, com 0,5 mg/L de Cl⁻, para ambas avaliações, concentração bem abaixo daquela em que se exige níveis de alerta por apresentarem inconformidade com a legislação vigente, normalmente superiores a 15 mg/L (BELIZÁRIO, 2015).

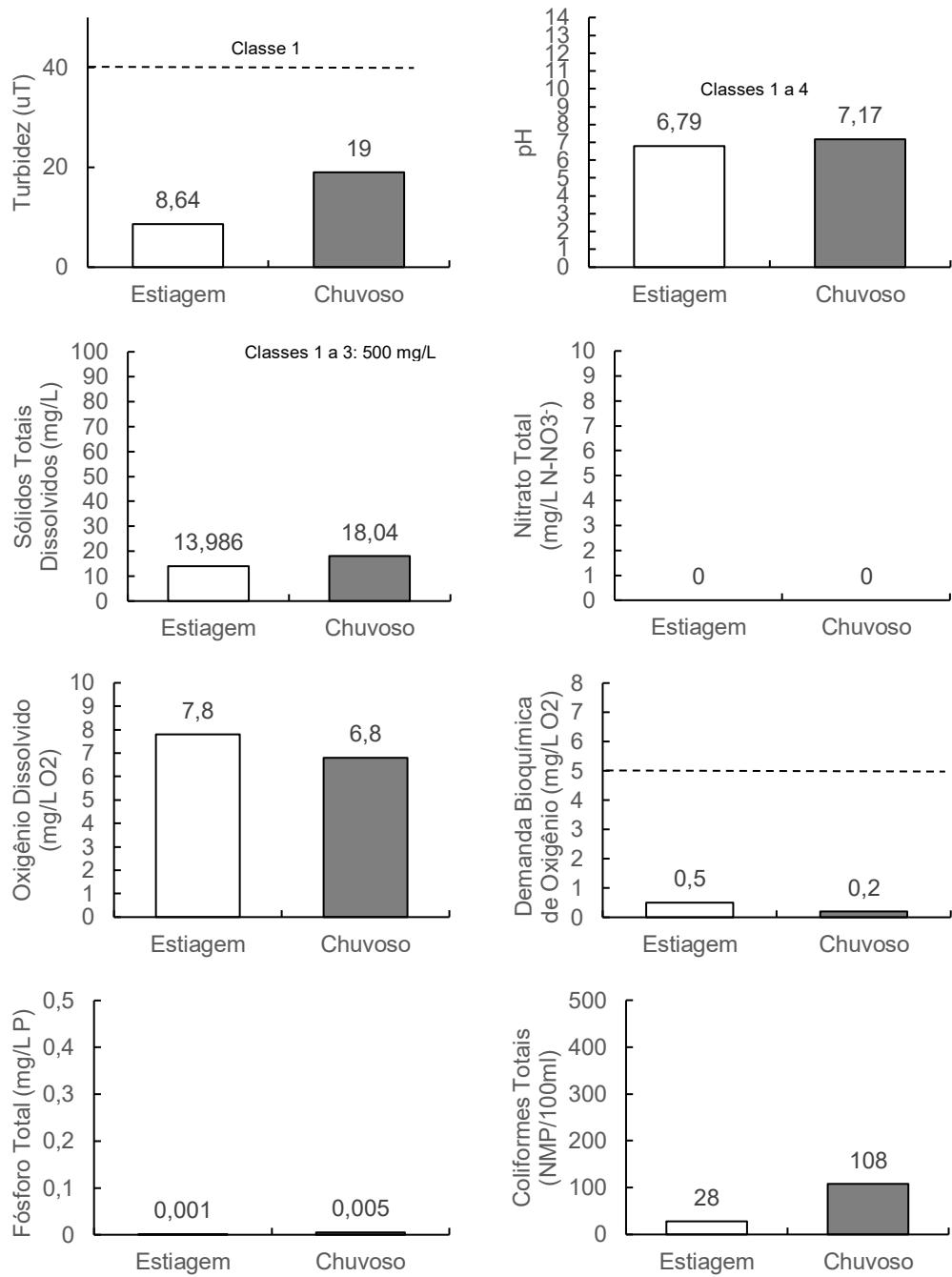
As duas análises para nitratos, assim como no ponto anterior, apresentaram 0 mg/L NO₃⁻, isto é, não apresentando variação. A condutividade, no entanto, em relação ao alto curso deste ribeirão, aumentou de 8,62 para 25,43 µS/cm na análise do período seco, e 7,47 para 32,8 para o período chuvoso, porém, valores ainda considerados dentro da normalidade.

Para sulfatos, os resultados apontaram 1 mg/L de SO₄²⁻ na primeira avaliação e o dobro na segunda, não sendo considerados valores significativos. Já o OD e a DBO, embora tenham apresentado variação quase insignificante, não alteraram o padrão de qualidade, dispondo de 7,8 e 0,5 mg/L de O₂ para período de estiagem e 6,8 e 0,2 mg/L de O₂ para período chuvoso.

O fósforo total apresentou valor semelhante ao encontrado no alto curso durante período de estiagem, sendo este <0,001 mg/L. No verão, houve aumento deste valor para 0,005 mg/L, porém, ainda dentro do limite para águas de Classe 2, que é de 0,05 mg/L P. Ainda na primeira avaliação, o quantitativo de coliformes totais, por sua vez, foi de 28 NMP/100 mL, superior ao de 4 NMP/100 mL verificado no alto curso. Durante período de chuvas, registrou-se o volume de 108 NMP/100 mL no trecho. Embora seja um aumento considerável em relação ao alto curso e ao próprio ponto durante o período de análise anterior, este volume enquadra-se dentro dos limites aceitáveis estabelecidos para a respectiva classificação do corpo hídrico.

O gráfico a seguir apresenta os resultados dos parâmetros do IQA comparados aos limites estabelecidos pela legislação vigente para o Ponto 07.

Gráfico 18 – Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso

O Ponto 08 representa o alto curso do Ribeirão do Barreiro, cujo local encontra-se no município de Buriti Alegre, já em altitude inferior aos demais alto cursos dos ribeirões apresentados anteriormente, com cota de 668 m.

A coleta das amostras do período seco ocorreu às 09:15, sem ocorrência de eventos pluviométricos nos sete dias que antecederam a amostragem. Já para o período de cheia, a coleta foi realizada às 08:30, com ocorrência de evento pluviométrico leve durante a madrugada. Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológica de água para este ponto estão dispostos na Tabela 10.

Assim como nos demais pontos, não se constatou variação significativa na temperatura da água, que pudesse evidenciar lançamento de efluentes nas proximidades.

A turbidez constatada em laboratório foi de 1,92 uT para a avaliação de estiagem e 4,8 uT para as cheias. A quantidade de sólidos totais na mesma amostra foi de 31,075 e 35,47 mg/L, respectivamente. Ambos parâmetros estão em consonância com os valores máximos permitidos. Vale ressaltar, contudo, que altos valores podem induzir maior acidez da água.

O pH do Ponto 08 foi de 7,13 e 7,3, considerado neutro. A alcalinidade e a dureza, por sua vez, mostraram-se mais expressivas se comparadas aos demais pontos, com 35 e 32 mg/L CaCO₃, durante o período seco, o que pode evidenciar a influência do substrato rochoso, característico do ambiente local no referido ponto sobre essa a variação dos íons de cálcio, bem como presença de carbonatos. Houve pequena variação destes parâmetros para o período chuvoso, onde registrou-se 36 e 28 mg/L CaCO₃, respectivamente.

A análise de cloretos para o Ribeirão do Barreiro também resultou em 0,5 mg/L de Cl⁻ durante as duas análises. Da mesma forma, não se constataram a presença de nitratos e sulfatos na amostra, resultando em 0 mg/L de NO₃⁻ e SO₄²⁻ durante a primeira avaliação. Já no verão, os resultados apontaram 0,04 mg/L NO₃⁻ e 1 mg/L SO₄²⁻, valores dentro do padrão exigido.

Tabela 10 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

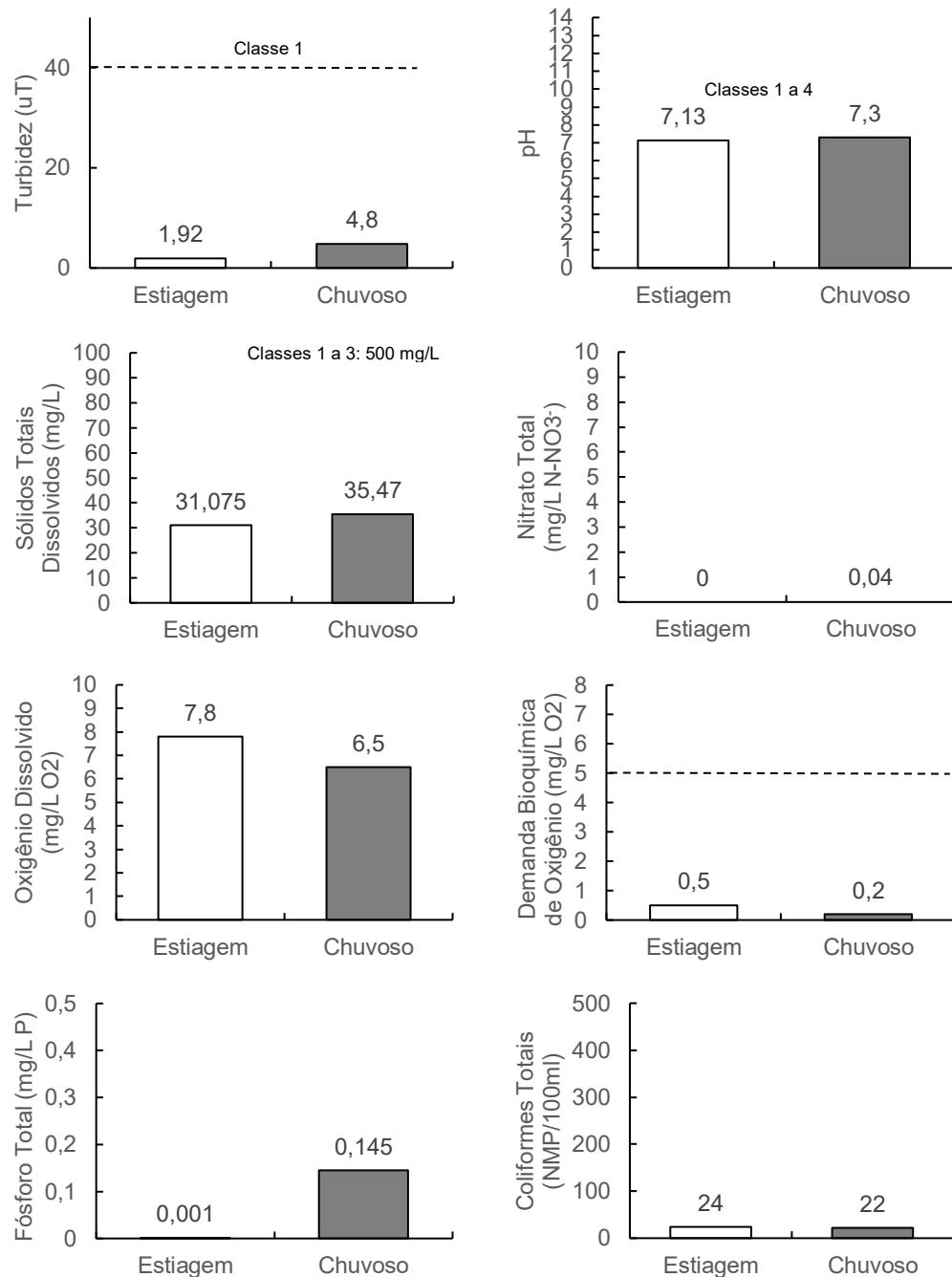
Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	18	23,5
Temperatura da Água	°C	-	17	22
Turbidez	uT	100	1,92	4,8
pH	-	6,0 a 9,0	7,13	7,3
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	35	36
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	32	28
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	0,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	31,075	35,47
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0	0,04
Condutividade	µS/cm	NR	56,5	64,5
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	0	1
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	7,8	6,5
DBO	mg/L O ₂	5	0,5	0,2
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	0,145
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	24	22

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Os valores de OD e DBO apresentaram características que indicam boa qualidade do corpo hídrico durante a primeira avaliação. O primeiro dispôs de 7,8 mg/L de O₂, sendo um bom valor para manutenção de processos metabólicos de micro-organismos que atuam na decomposição da matéria orgânica e na degradação de poluentes presentes nestes sistemas aquáticos. O segundo, por sua vez, apresentou 0,5 mg/L de O₂, sendo este valor um indicativo de boa qualidade (BELIZÁRIO, 2015; ROCHA, 2009). Para o período chuvoso, a OD foi aferida em 6,5 mg/L de O₂, e a DBO em 0,2 mg/L de O₂, não distando significativamente da primeira avaliação.

Em sequência, são apresentados os valores dos parâmetros do IQA deste trecho comparados à Resolução CONAMA.

Gráfico 19 – Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Para as análises de fósforo e coliformes termotolerantes, realizadas no segundo laboratório, não houve muita variação na comparação com outros pontos durante o período de estiagem, sendo que foi acusado volume de <0,001 mg/L de P, e para coliformes 24 NMP/100 mL, também dentro dos padrões da Resolução

CONAMA nº 357/2005 – Classe 2. No entanto, para consumo humano, conforme dispõem as Portarias nº36, de 19 de janeiro de 1990 e 2.914, de 12 de dezembro de 2011, ambas do Ministério da Saúde, sejam de origem em poços, nascentes ou outras formas, recomenda-se a “ausência” de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes para cada volume de 100 mL.

Na segunda avaliação, referente ao verão, período de chuvas para o respectivo recorte espacial, o volume de coliformes termotolerantes apresentou pequena variação, registrando 22 NMP/100 mL. A análise de fósforo total, por sua vez, apresentou mudança significativa, registrando 0,145 mg/L P, não atendendo os requisitos para águas de Classe 2, cujo limite é de 0,05 mg/L.

Com exceção do parâmetro “fósforo total”, não houve resultado tão discrepante que pudesse afetar significativamente a qualidade da água. Porém, é necessária uma avaliação específica que justifique este aumento, com vistas à melhoria e ao devido enquadramento legal.

Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório

O Ponto 09 refere-se ao exutório da bacia do Ribeirão da Areia, apresentando, portanto, a menor cota altimétrica dos dez pontos de análise, sendo esta de 535 m. A coleta referente ao período de estiagem ocorreu às 10:40 e a do período chuvoso às 09:18. Os resultados das análises hídricas deste ponto encontram-se na Tabela 11.

Para a primeira avaliação, a temperatura ambiente no momento da coleta foi de 24 °C, enquanto que a da água foi de 19 °C, devido a maior capacidade de manutenção térmica, estando ambas com características normais. Já na segunda, registrou-se 23,5 e 25 °C, estando em consonância com o período do ano e o horário local de coleta.

No inverno, o parâmetro turbidez recebeu resultado da análise com valor de 5,47 uT, dentro do intervalo aceito para águas de Classe 2, assim como os sólidos totais, com 32,34 mg/L, sendo que uma maior quantidade de sólidos em suspensão poderá deixar a água mais turva que o comum. No verão, a turbidez apresentou aumento, registrando 44 uT, enquanto que os sólidos totais apresentaram pequeno

decréscimo, cujo registro da amostra foi de 31,73 mg/L. Ambos valores estão de acordo com o VMP para águas de Classe 2.

Tabela 11 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

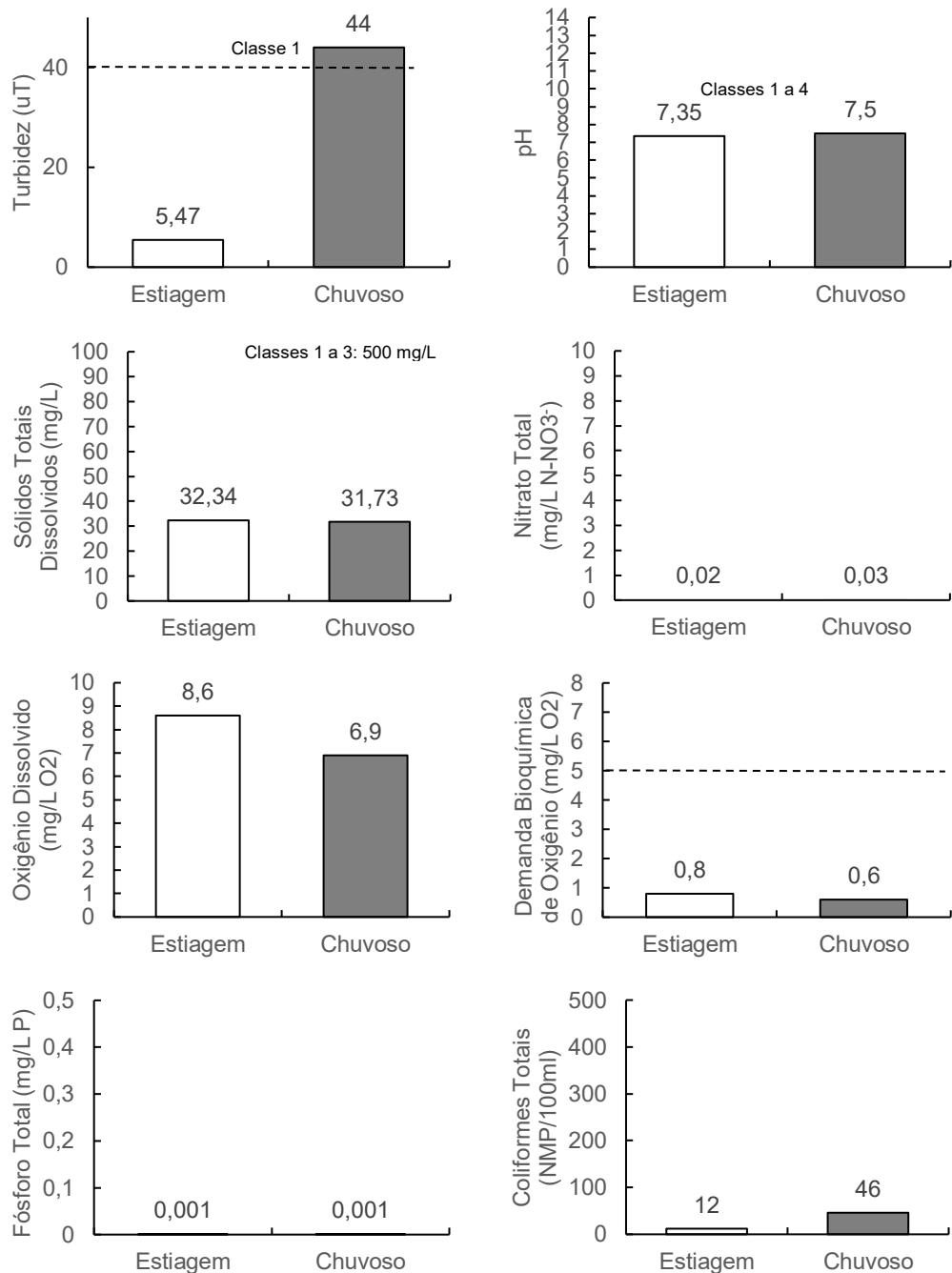
Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	24	23,5
Temperatura da Água	°C	-	19	25
Turbidez	uT	100	5,47	44
pH	-	6,0 a 9,0	7,35	7,5
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	26	28
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	22	20
Cloretos	mg/L Cl ⁻	250	2,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	32,34	31,73
Nitrito Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0,02	0,03
Condutividade	µS/cm	NR	58,8	57,7
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	3
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	8,6	6,9
DBO	mg/L O ₂	5	0,8	0,6
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	<0,001
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	12	46

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Os parâmetros de alcalinidade e dureza receberam resultados com valores de 26 e 22 mg/L de CaCO₃, no inverno, respectivamente, considerados baixos, porém com íons que podem se relacionar com variabilidade na temperatura e na condutividade elétrica da água, sendo esta última registrada em 58,8 µS/cm, terceiro maior valor do parâmetro na pesquisa no total de dez pontos distintos. No verão, a alcalinidade e a dureza registram 28 e 20 mg/L de CaCO₃, estando a condutividade em 57,7 µS/cm. Assim sendo, ambas avaliações apresentaram padrões muito semelhantes, mesmo em condições climáticas distintas por conta da variação estacional do ano.

Os valores de pH para o Ponto 09 foram de 7,35 e 7,5, considerados neutros. A análise de cloretos acusou 2,5 e 0,5 mg/L de Cl⁻, para inverno e verão, respectivamente, sendo o valor também comum no conjunto das amostras e dentro dos limiares que a caracterizam como de boa qualidade.

Gráfico 20 – Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

O nitrato total respondeu por 0,02 mg/L N-NO₃ para o período de estiagem e 0,03 mg/L NO₃⁻ para o período de chuvas; enquanto que a análise de sulfatos teve 1 mg/L de SO₄²⁻ como resultado para o respectivo ponto durante o período seco e 3 mg/L de SO₄²⁻ para o período chuvoso.

A análise de OD teve como resultado o valor de 8,6 mg/L de O₂, sendo este o maior valor dentre os dez pontos de análise para a primeira avaliação. Esse valor deve-se à variação e combinação de parâmetros como a temperatura, turbulência das águas, bem como para com a atividade fotossintética de algas e plantas presentes no local (VON SPERLING, 1996). A DBO, por sua vez, apresentou 0,8 mg/L de O₂, dentro do volume máximo permitido para águas de Classe 2. Durante o verão, a OD foi registrada em 6,9 e a DBO em 0,6 mg/L de O₂, também em consonância com o padrão para a Classe 2 de águas doces.

O volume de fósforo total diagnosticado foi de 0,001 mg/L para ambas amostras, semelhante a de outros pontos distribuídos ao longo da bacia hidrográfica. Não obstante, a análise de coliformes apresentou 12 e 46 NMP/100 mL, respectivamente, valores que não diferem muito das demais amostras averiguadas.

No conjunto de tais resultados, comprehende-se que o respectivo trecho dispõe de boa qualidade hídrica.

Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso

O Ponto 10 foi o último a ser trabalhado durante a amostragem, estando a poucos quilômetros de distância do Ponto 09. Este trecho situa-se anterior à desembocadura do Ribeirão do Barreiro (Ponto 08) no Ribeirão da Areia. Este local representa o baixo curso do Ribeirão da Areia, à 579 m de altitude, sem a inferência da microbacia do Ribeirão Barreiro.

Devido ao horário de coleta das amostras (que se deu às 13:00), a temperatura do ambiente foi bastante elevada durante o período de estiagem, registrada em 31 °C. A temperatura da água, por sua vez, devido a aspectos ambientais locais, como a largura do canal no ponto, apresentou temperatura inferior, com 19 °C. Para o período chuvoso, a temperatura ambiente e a da água foram registradas em 24 °C, também de acordo com as características do período e da hora local de análise, que se deu às 11:03.

As análises das amostras de água do local apresentaram resultados conforme exposto na Tabela 12.

Tabela 12 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Resultado dos parâmetros físico-químicos e bacteriológico para os períodos de estiagem e chuvoso

Parâmetro	Unidade	VMP Classe II	Período de Estiagem	Período Chuvoso
Temperatura Ambiente	°C	-	31	24
Temperatura da Água	°C	-	19	24
Turbidez	uT	100	7,27	14
pH	-	6,0 a 9,0	7,52	7,43
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	NR	20	15
Dureza	mg/L CaCO ₃	NR	14	14
Cloreto	mg/L Cl ⁻	250	2,5	0,5
Sólidos Totais	mg/L	500	29,2	16,61
Nitrato Total	mg/L NO ₃ ⁻	10	0,03	0,01
Condutividade	µS/cm	NR	53,1	30,2
Sulfato	mg/L SO ₄ ²⁻	250	1	1
OD	mg/L O ₂	Não inferior a 5,0	8,4	6,7
DBO	mg/L O ₂	5	1	0,3
Fósforo Total	mg/L P	0,05	<0,001	<0,001
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	1000	30	74

Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

No período seco, a turbidez apresentou 7,27 uT, valor abaixo do esperado devido à turbulência das águas no trecho. A quantidade de sólidos totais também não foi discrepante, com valor de 29,2 mg/L. No período chuvoso, registrou-se a turbidez em 14 uT e os sólidos totais suspensos em 16,61 mg/L. Maiores concentrações podem influenciar na variação de cor e até mesmo na condutividade elétrica, uma vez que representam carga de constituintes minerais na água (BELIZÁRIO, 2015; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010).

Os valores de pH foram 7,52 e 7,43, considerados neutros, não apresentando altas concentrações de ácidos provenientes de fontes antrópicas ou do metabolismo de organismos aquáticos. A alcalinidade e a dureza, por sua vez, tiveram 20 e 14 mg/L de CaCO₃ como resultado para o período de estiagem e 15 e 14 mg/L de CaCO₃ para o período chuvoso. Tais valores expressam concentrações semelhantes às dos demais pontos, não variando significativamente.

Assim como no Ponto 09, a análise de cloreto acusou concentração de 2,5 mg/L de Cl⁻ no inverno. No verão, registrou-se 0,5 mg/L no trecho. Na comparação dos dois pontos, a concentração de nitratos sofreu pequena variação, de 0,02 para 0,03 mg/L de NO₃⁻ durante o inverno. No verão, a concentração foi de 0,01 mg/L de

NO_3^- , inferior aos 0,03 mg/L de NO_3^- registrados no Ponto 09. O resultado da análise da amostra para sulfato apresentou 1 mg/L de SO_4^- para ambos períodos de amostragem para o local estudado.

A condutividade resultou em 53,1 e 30,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, dentro da normalidade, ressaltando que valores superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam degradação, estando relacionado ao grau de mineralização da água, havendo necessidade de verificação de aspectos relacionados à fertilidade do solo, lançamento de esgotos domésticos, insumos agrícolas, entre outros.

O OD resultou em 8,4 mg/L de O_2 durante o inverno, segundo maior valor da pesquisa, semelhante ao do Ponto 09. Tais valores podem ser justificados pelo turbilhonamento e consequente oxigenação da água ocasionados pela maior competência do canal nos respectivos trechos. Já para o verão, registrou-se 6,7 mg/L de O_2 , dentro da normalidade. A análise de DBO resultou em 1 e 0,3 mg/L de O_2 , respectivamente, atendendo os limites toleráveis pela legislação.

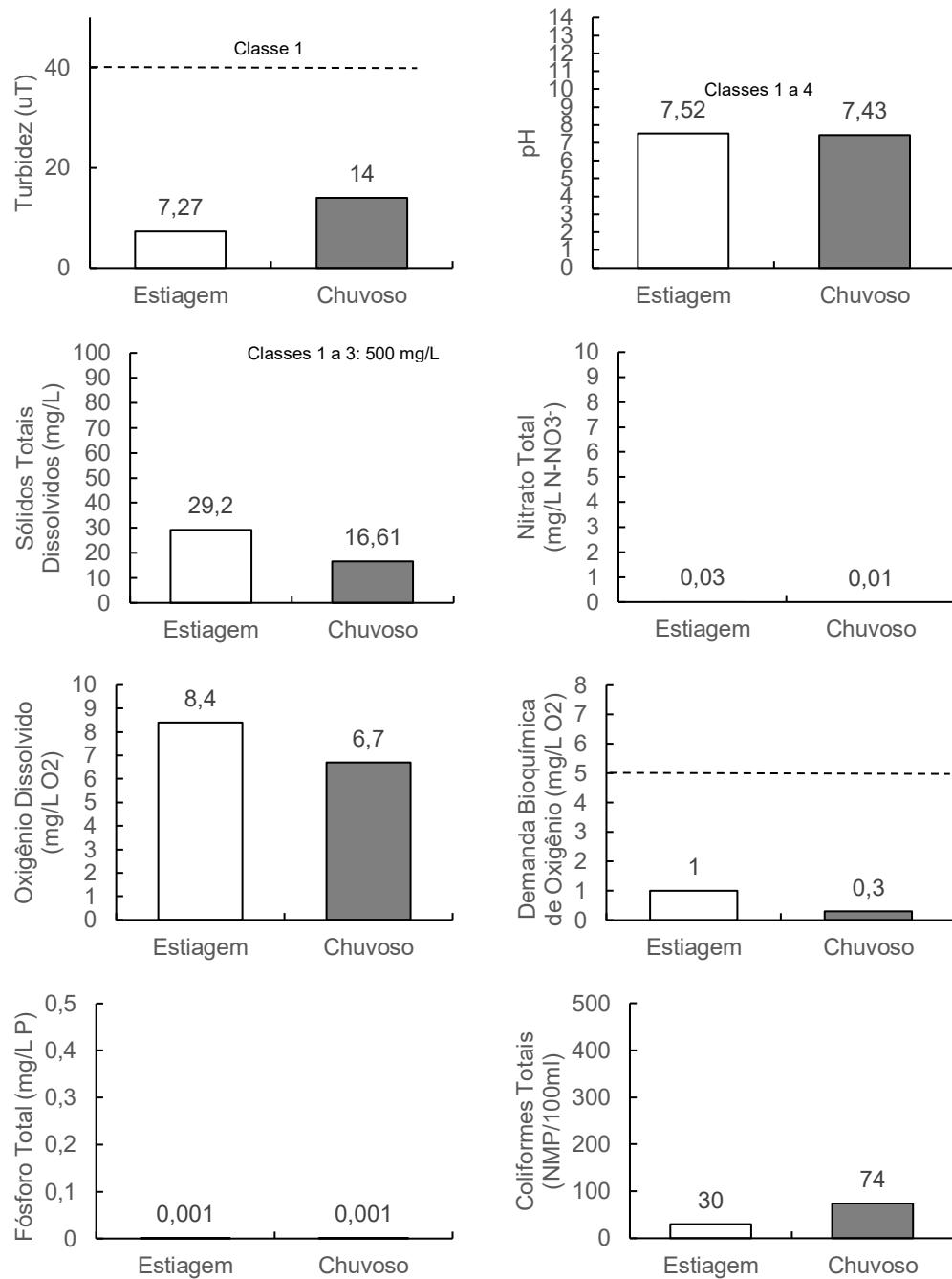
As análises de fósforo e coliformes totais, da mesma forma, apresentaram valores que atenderam os padrões estabelecidos pela resolução. Foi quantificado o valor de 0,001 mg/L de P e, para coliformes, registrou-se o valor de 30 NMP/100 mL para o período de estiagem, que embora não atenda padrões de potabilidade (definidos para consumo humano), atende os limites toleráveis pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 para águas, cujos usos enquadrem-se na Classe 2.

Para o período chuvoso, registrou-se o mesmo volume de fósforo e 74 NMP/100 mL de coliformes fecais. Ainda que com o respectivo aumento, atendeu-se o limite para a supracitada classe de águas doces. Em relação ao ponto anterior, tais valores apresentaram pequena diferenciação, não indicando interferência antrópica significativa que pudesse alterar a qualidade da água entre os dois pontos de coleta.

Em linhas gerais, os resultados demonstram que as águas no trecho de análise atendem o padrão estabelecido para o devido enquadramento legal do Ribeirão da Areia em seu baixo curso.

Tais resultados, em específico dos parâmetros que atendem ao IQA, podem ser visualizados e comparados aos seus respectivos limites no Gráfico 21.

Gráfico 21 – Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso: Variação dos parâmetros do IQA para os períodos de estiagem e de cheia em função dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

As análises que visam o estabelecimento do índice que responde pela qualidade das águas são apresentadas no subcapítulo a seguir.

6.2 Resposta do Índice de Qualidade das Águas

As informações relativas à qualidade das águas superficiais nas 12 regiões hidrográficas brasileiras ainda são incipientes. Há certa complexidade no que tange a relação entre as águas e as atividades econômicas preponderantes e usos de cada região. Nem todas unidades da Federação apresentam sistemas de monitoramento da qualidade das águas considerados ótimos ou muito bons (ANA, 2005).

Neste sentido, o IQA utilizado aqui é indicado pela ANA como modelo nos sistemas de monitoramento. A classificação e o cálculo expressos nos procedimentos metodológicos embasam as análises aqui presentes, permitindo a compreensão do quadro da qualidade hídrica de distintos trechos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia.

São apresentados aqui os respectivos índices e períodos de análise, bem como a análise individual dos parâmetros do IQA, demonstrando sua correlação para com os resultados obtidos. A Tabela 13 permite a visualização dos resultados obtidos por meio do cálculo do IQA.

Tabela 13 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Areia: IQA e classificação para os pontos de análise

Período	Ponto									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Seco	86,89	80,34	83,66	82,65	63,01	86,16	84,88	87,53	89,95	86,3
Chuvoso	82,46	68,25	84,06	70,41	62,18	85,77	80,6	83,67	80,97	83,69
Média	84,68	74,29	83,86	76,53	62,59	85,96	82,74	85,6	85,46	85,00

Classificação											
	Ótima		Boa			Aceitável			Ruim		Péssima
Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.											

As águas nos trechos avaliados dispõem de altos índices conforme metodologia da ANA (2005) para o Estado de Goiás. Grande parte dos pontos enquadra-se na classificação “Ótima”, sendo seguida por outra parte cuja classe é “Boa”. Não foram calculados índices que se enquadrassem em “Aceitável”, “Ruim” ou “Péssima”.

O IQA mais alto foi registrado no Ponto 09 (exutório da bacia) durante período de estiagem, com o valor de 89,95. O mais baixo, por sua vez, foi de 62,18, obtido no Ponto 05 (Ribeirão da Areia em seu trecho pós-urbano) durante o período chuvoso.

Com exceção do Ponto 03, todos os demais apresentaram queda na qualidade hídrica entre os períodos seco e chuvoso. Essa característica era esperada, uma vez que durante períodos chuvosos, a quantidade de material carreado por processos físicos de escoamento superficial é maior, gerando alteração em grande parte dos parâmetros analisados no índice, o que não ocorre em períodos de estiagem.

Nos períodos secos entre a ocorrência de eventos de chuva a vazão de um rio é mantida pelo esvaziamento lento da água armazenada na bacia, especialmente da água subterrânea. Assim, o escoamento lento que ocorre durante as estiagens pode ser chamado de escoamento subterrâneo, porque a maior parte da água está chegando ao rio via fluxo de água através do subsolo (COLLISCHONN; TASSI, 2010, p. 103).

Assim sendo, durante os períodos secos, a quantidade de material que chega aos rios é inferior, pois os processos subsuperficiais atuam de forma distinta, trabalhando como “filtros” durante a percolação da água entre os poros no subsolo.

A média do IQA entre todos os pontos para o período seco é de 83,13; e para o período chuvoso é de 78,20. A média geral entre os dois períodos foi aferida em 80,67. Vale ressaltar que tais medias não correspondem, necessariamente, a média do IQA da bacia hidrográfica. Por mais que forneçam subsídios para a compreensão em uma visão ampla sobre o espectro de qualidade das águas do Ribeirão da Areia e seus afluentes, os resultados foram obtidos por meio da análise de trechos espalhados entre alto, médio e baixo cursos d’água dos principais afluentes.

As maiores quedas do IQA entre os períodos de análise foram registradas nos Pontos 4, 2 e 9, onde houve a redução de 12,24, 12,09 e 8,98 pontos, respectivamente. Tais quedas, se verificadas em períodos distintos e com maior população na amostra, indicam níveis de alerta para tais trechos, uma vez que pode existir interferência além da variação climatológica comum.

O “Ponto 01 – Córrego Pipoca” apresentou IQA de 86,89 para período de estiagem e 82,46 para chuvoso, estando classificado em ótima qualidade para o período entre julho de 2016 e fevereiro de 2017, cuja média estabelecida foi de 84,68.

O “Ponto 02 – Córrego da Samambaia”, por sua vez, dispôs de um IQA de 80,34 durante estiagem, o que o enquadra na categoria “Ótima”. Durante as chuvas, no entanto, registrou-se IQA de 68,25, enquadrando-o na categoria “Boa”. Assim, a média entre os dois períodos foi de 74,29.

O “Ponto 03 – Ribeirão das Araras – Médio Curso” teve um IQA de 83,66 durante estiagem. Contrariando os demais pontos, o valor aumentou para 84,06 durante período chuvoso, tendo como média o valor de 83,86, equivalente a condição “Ótima” para o respectivo trecho. O valor foi superior ao seu alto curso, correspondente ao Ponto 02, demonstrando caráter de autodepuração das águas.

O “Ponto 04 – Ribeirão da Areia – Médio Curso” apresentou IQA de 82,65 durante estiagem e 70,41 durante as cheias, com média estabelecida de 76,53, sendo todos esses valores inferiores aos registrados no Córrego Pipoca, seu alto curso. Assim sendo, sua média enquadrou-se na condição “Boa”.

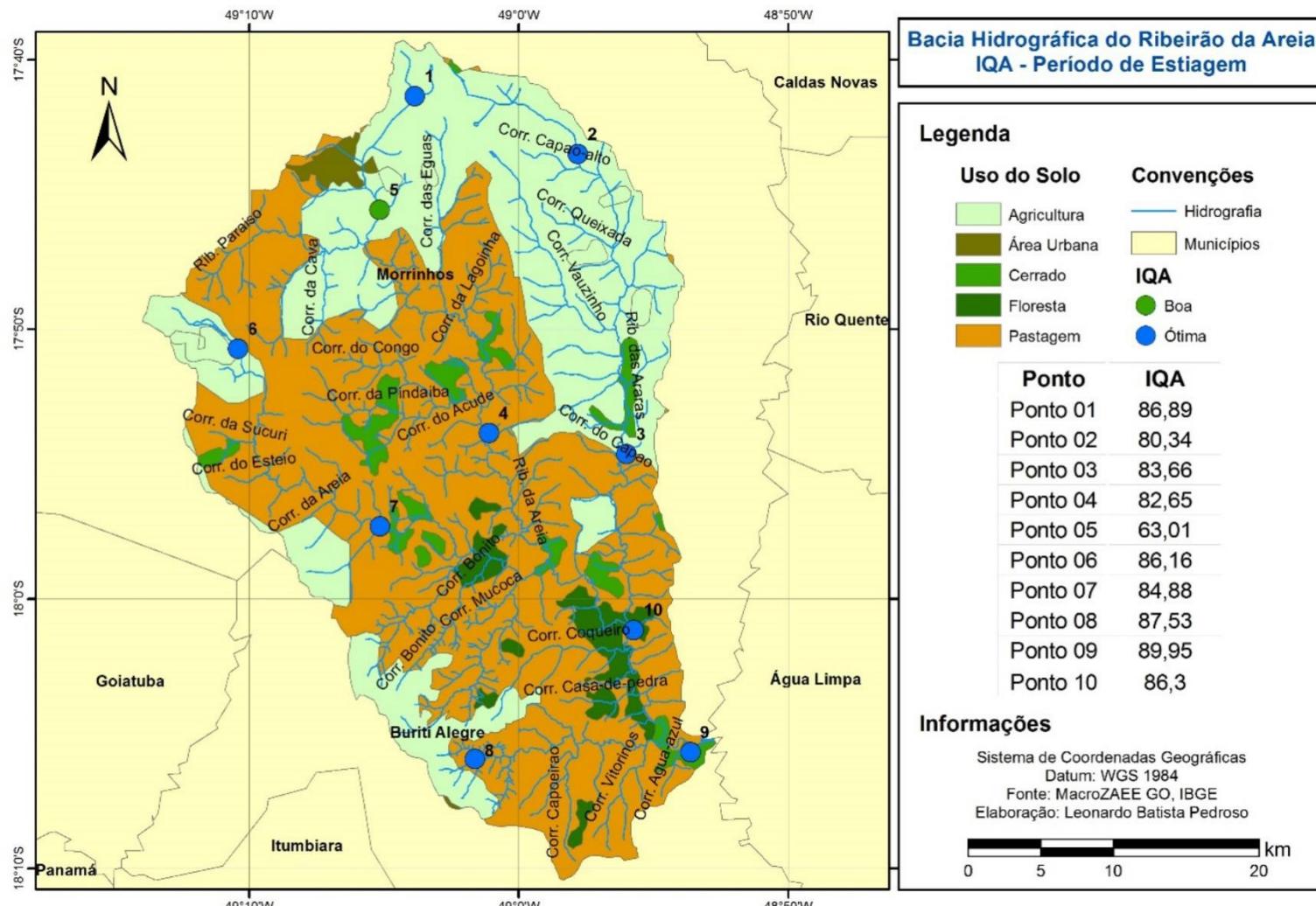
O “Ponto 05 – Ribeirão da Areia – Pós-urbano”, tratando-se de um ponto estratégico por situar-se próximo ao perímetro urbano, apresentou IQA de 63,01 durante período seco e 62,18 durante período chuvoso, com média resultante em 62,59. Embora enquadre-se na condição “Boa”, tais valores representam determinado risco à saúde em caso de consumo humano sem processos de tratamento convencional. Tais valores foram os menores registrados no universo das amostras.

O “Ponto 06 – Ribeirão do Mimoso – Alto curso”, por sua vez, apresentou também ótimos resultados, sendo 86,16 para estiagem e 85,77 para época das chuvas, com média de 85,96. Importante observar que a variação entre os dois períodos foi muito pequena, demonstrando menor intervenção de atividades nas proximidades do local.

O “Ponto 07 – Ribeirão do Mimoso – Médio curso”, sequência do ponto anterior, apresentou valores inferiores, no entanto, ainda bastante positivos. No sequeiro, registrou-se 84,88; nas chuvas, 80,6, tendo como valor geral o índice de 82,74 entre os dois períodos, enquadrando-se também na condição “Ótima”.

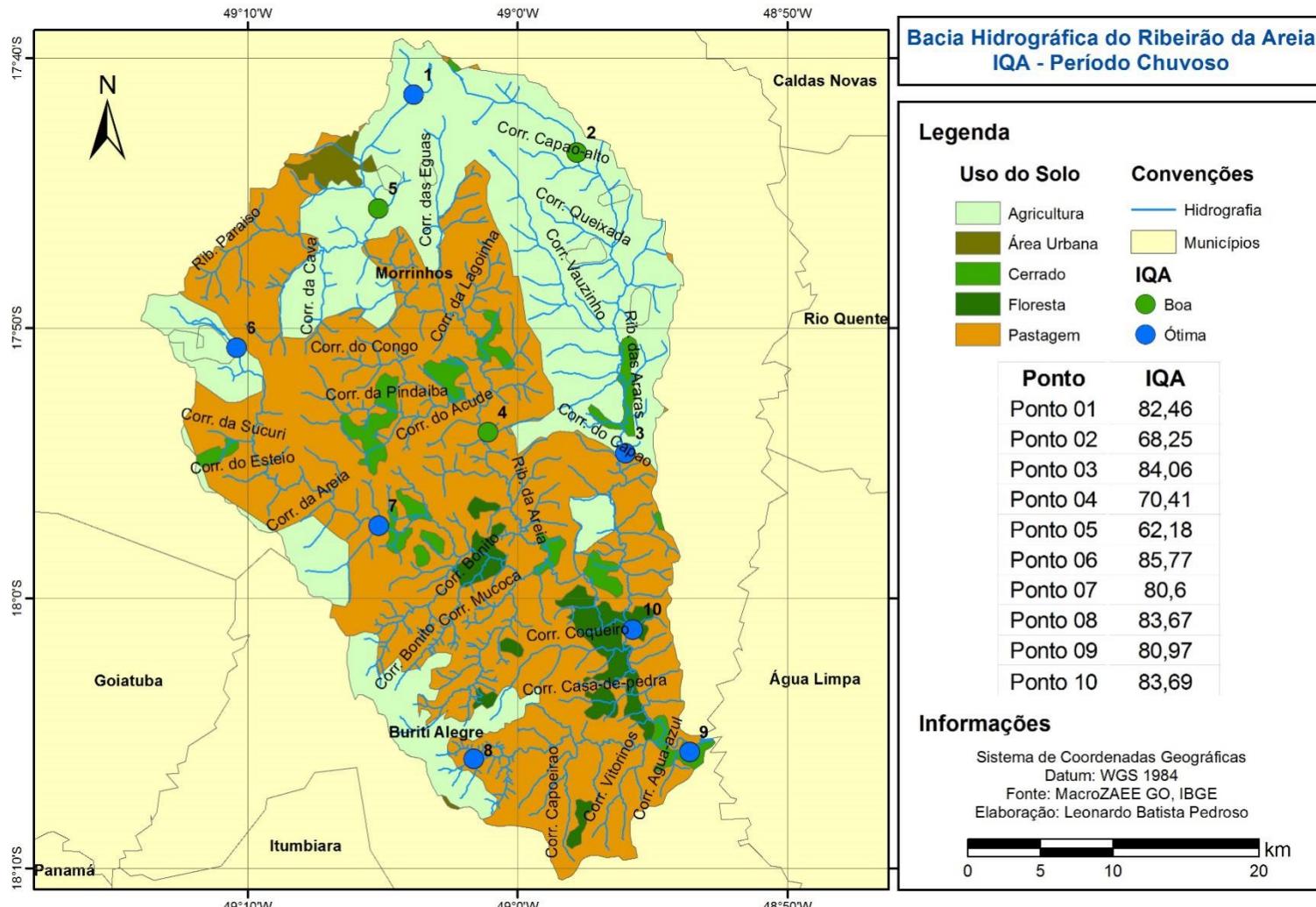
O “Ponto 08 – Ribeirão do Barreiro – Alto curso” apresentou o índice de 87,53 durante a estiagem; já para o período de chuvas, obteve-se 83,67, gerando, portanto, a média de 85,6 no IQA. Tais valores reforçam a boa condição das águas no trecho.

Mapa 12 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Índice de Qualidade das Águas durante período de estiagem



Fonte: MacroZAE GO, IBGE, 2017.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

Mapa 13 – Bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia: Índice de Qualidade das Águas durante período chuvoso



Fonte: MacroZAE GO, IBGE, 2017.
Elaboração: PEDROSO, L. B., 2017.

O exutório da bacia é representado pelo “Ponto 09 – Ribeirão da Areia – Próximo ao exutório”. O maior IQA do período sequeiro foi deste ponto em específico, com 89,95. Todavia, no verão foi registrado valor de 80,97, possibilitando a média de 85,46, enquadrando na condição “Ótima”, tratando-se da segunda maior média dos dez pontos analisados.

O “Ponto 10 – Ribeirão da Areia – Baixo curso” apresentou IQA de 86,3 durante período seco e 83,69 durante período chuvoso. Ambos valores foram superiores ao do Ponto 04, sendo este seu médio curso. A média para o Ponto 10 foi de 85,00, enquadrando-o na condição “Ótima”.

A partir das análises e dos índices gerados, constatou-se que nenhum dos pontos enquadrou-se nas condições “Aceitável”, “Ruim” e “Péssima”, reforçando a boa disposição da qualidade das águas da bacia. Estabelecendo um cenário hipotético para toda a bacia, a média entre todas as médias, isto é, a geral, foi de 80,67.

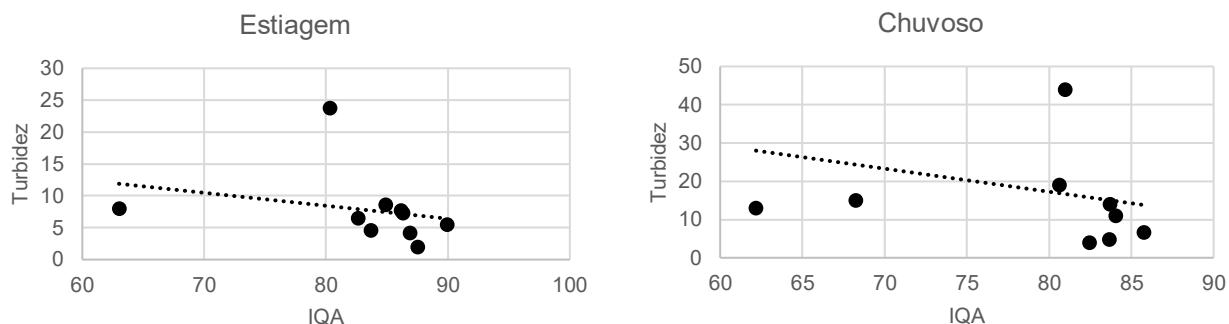
Ainda que alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados individualmente tenham apresentado valores destoantes, é necessário compreender o peso de cada variável no cálculo, conforme disposto na metodologia.

Com vistas à compreensão da influência de cada um dos parâmetros utilizados sobre o próprio IQA nos períodos seco e chuvoso dos dez pontos, utilizou-se método do coeficiente de correlação linear de Pearson (r). Assim, foi possível identificar, a partir dos 10 pontos, quais variáveis tiveram maior influência sobre os resultados, conforme dados apresentados em sequência.

No cálculo do IQA, a temperatura da água é constante para regiões tropicais. Portanto, utilizou-se a temperatura de referência semelhante à temperatura da água no momento da coleta, não influenciando de forma significativa no cálculo.

O parâmetro turbidez apresentou baixa intensidade na correlação, traduzida pelo r com valores de **-0,26** para o primeiro período de análise e **-0,30** para o segundo, isto é, não tendo aporte significativo sobre a variação da qualidade das águas dos pontos analisados. Ainda que seja uma relação de baixa intensidade, ressalta-se que se coloca de forma negativa, portanto, inversamente proporcional. O aumento da turbidez induz ao decréscimo do IQA.

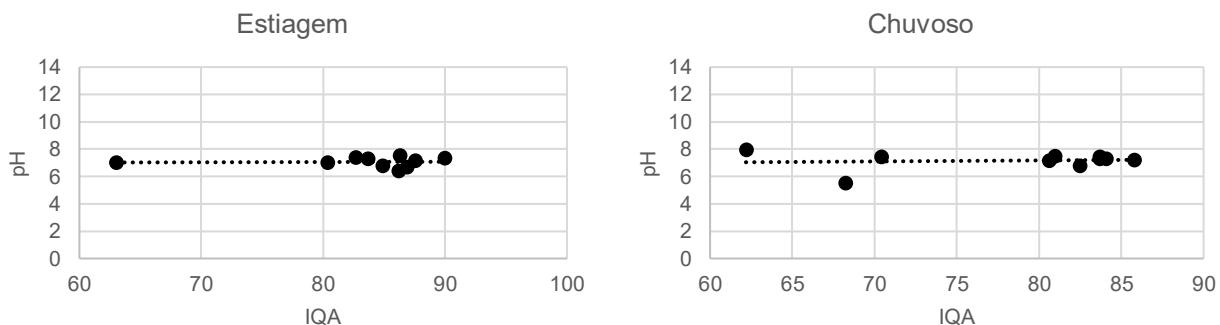
Gráfico 22 – Correlação linear entre turbidez e IQA



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

O potencial hidrogeniônico – pH, por sua vez, teve uma correlação ainda menos significativa, bastante fraca e podendo ser considerada nula. Durante o período de estiagem, a correlação foi registrada em **0,04**; enquanto que no período chuvoso, foi de **0,09**. Entende-se que não necessariamente o parâmetro não tenha influência sobre a variabilidade do IQA, porém, a oscilação dos valores de pH, em si, não teve relação direta com os resultados do IQA. A dispersão a partir da linha de tendência da correlação é expressa no gráfico a seguir.

Gráfico 23 – Correlação linear entre pH e IQA

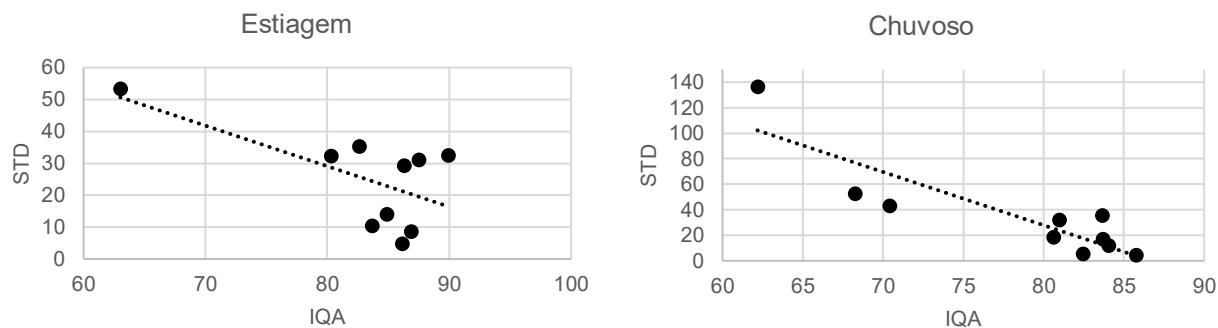


Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Em relação aos sólidos totais dissolvidos, os resultados apontaram valores mais significativos. Para o período seco, a correlação entre o IQA e STD foi de **-0,63**; enquanto que para o período chuvoso foi de **-0,87**, ambos valores que se classificam na forte correlação. Remonta-se também ao fato de que são valores negativos, indicando que são inversamente proporcionais. O aumento da quantidade de STD

influi, necessariamente, a uma queda da qualidade das águas. O gráfico de dispersão a seguir ilustra tais dados.

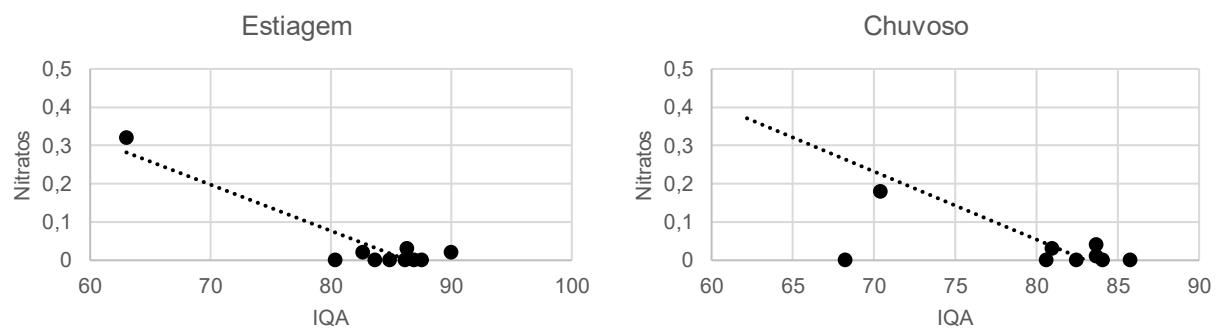
Gráfico 24 – Correlação linear entre STD e IQA



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Para o parâmetro nitrato, os resultados também acusaram correlações significativas. Durante o período de estiagem, a correlação entre nitrato total e IQA foi de **-0,92**, considerada fortíssima; enquanto que no período chuvoso o r foi de **-0,77**, classificada como forte. O gráfico de dispersão a seguir demonstra a proximidade dos cruzamentos para com a linha de tendência.

Gráfico 25 – Correlação linear entre nitrato e IQA

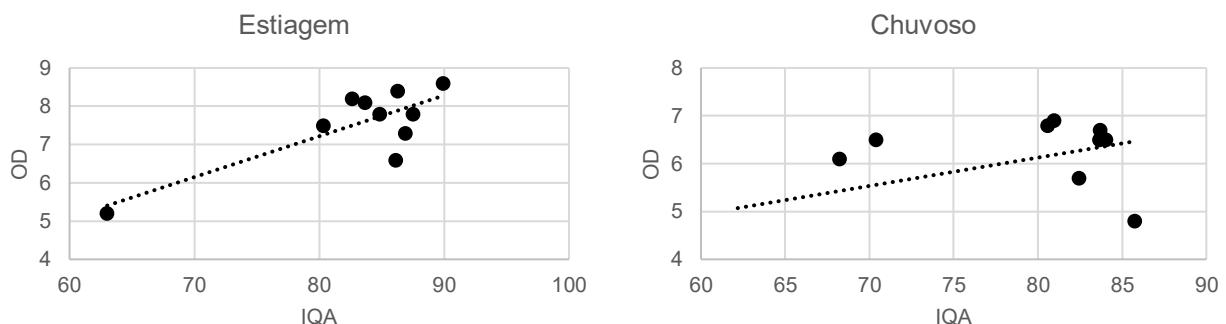


Fonte: PEDROSO, L.B., 2017.

A maior influência do nitrato sobre a oscilação do IQA mostra que, embora não tenha peso maior no cálculo se comparado ao OD (0,17) ou pH (0,12), ainda sim possui forte relação nos resultados.

O oxigênio dissolvido, ainda que tenha o maior peso, possui valor inferior a do parâmetro anterior. Durante o período de estiagem, registrou-se **0,8** na correlação, enquanto que no período chuvoso, os resultados apontaram **0,47**. Em sequência, o gráfico ilustra a dispersão face à tendência.

Gráfico 26 – Correlação linear entre OD e IQA



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

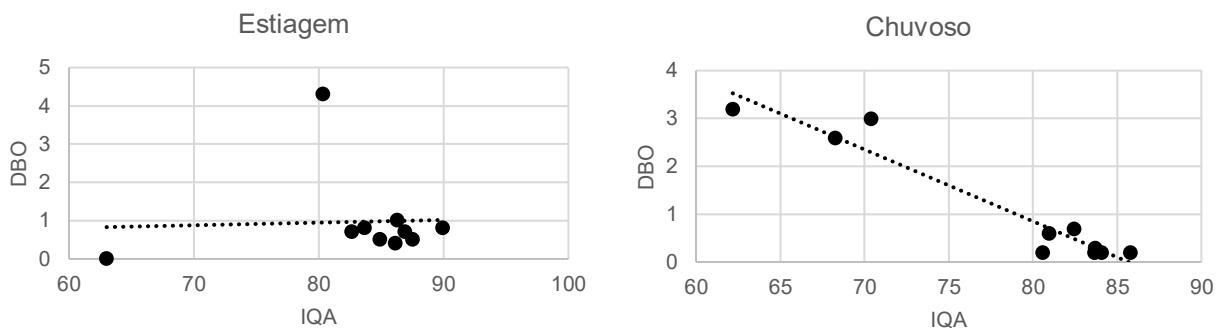
O primeiro resultado acusa forte correlação, enquanto o segundo apresenta média. Neste caso, a relação entre as variáveis se dá de maneira positiva.

A demanda bioquímica de oxigênio, por sua vez, apresentou valores bastante distintos sobre a correlação com o IQA. Durante o período de estiagem, registrou-se o valor de **0,04**, cuja classificação é bastante fraca, quase nula. Todavia, durante o período de cheias, o valor foi de **-0,96**, cuja relação é fortíssima e inversamente proporcional. Assim sendo, o aumento da DBO induz à queda dos valores de IQA, assim como sua redução instigaria ao aumento da qualidade das águas durante período chuvoso, conforme se atesta no Gráfico 27.

No gráfico de estiagem (27, primeiro quadro) da correlação entre DBO e IQA, verifica-se o valor de 4,3 mg/L de O₂, referente ao Ponto 02, bastante disperso da linha de tendência do gráfico, o que sugere anomalia face à comparação com demais pontos de coleta.

Para fósforo, ao contrário da DBO, a correlação durante o período de estiagem foi fortíssima, com *r* de **-0,95**. Para o período chuvoso, foi média, com **-0,41**, também negativa, isto é, inversamente proporcional entre as variáveis. O Gráfico 28 apresenta a dispersão dos pontos de cruzamento dos dados dessas variáveis.

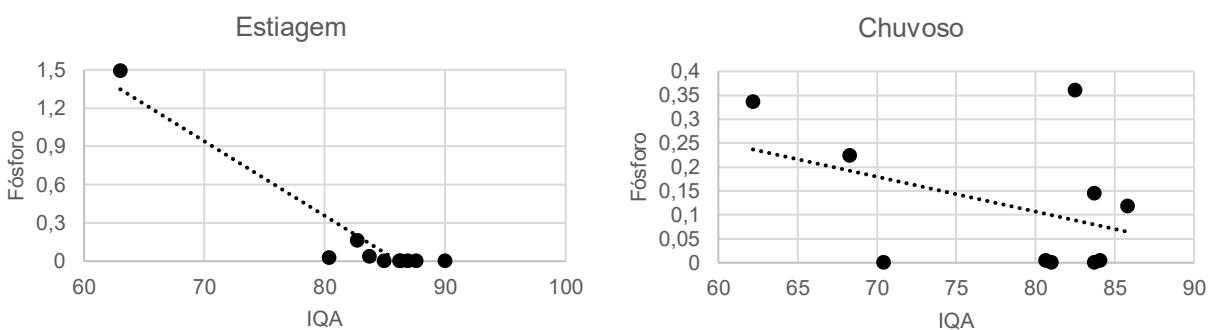
Gráfico 27 – Correlação linear entre DBO e IQA



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Para a análise de fósforo total, também se tem um valor anômalo face aos demais da pesquisa, referente ao Ponto 05, cujo registro é de 1,49 mg/L. A equidistância do ponto se faz presente e notória no supracitado gráfico.

Gráfico 28 – Correlação linear entre fósforo total e IQA

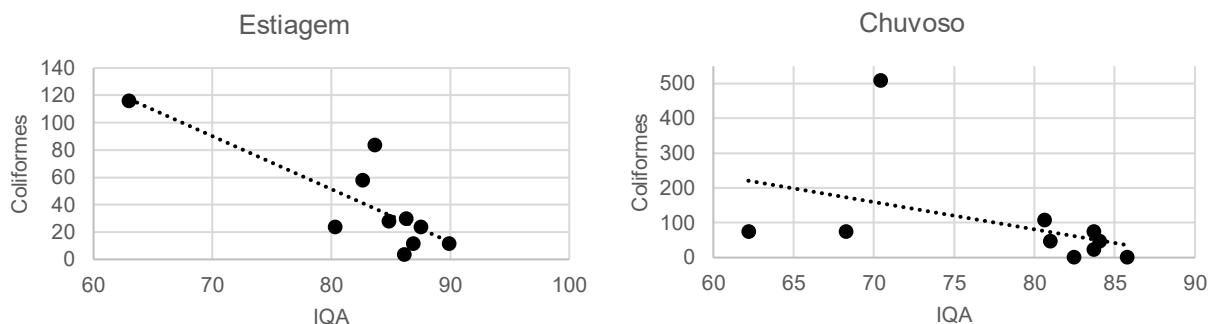


Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

Em relação ao último parâmetro, coliformes fecais, sua correlação com o IQA se mostrou também significativa. Durante o período seco, registrou-se coeficiente de Pearson de **-0,82**, classificado como forte. Para as cheias, o r foi de **-0,43**, considerado médio. Ressalta-se que tais valores também são inversos, isto é, o aumento de coliformes, em caso de alta correlação, induzirá à queda do IQA para a amostra.

Em linhas gerais, as variáveis que apresentaram maior correlação com o IQA durante o período de estiagem foram fósforo, nitrato e coliformes, com r de -0,95, -0,92 e -0,82, respectivamente. Para o período chuvoso, as maiores correlações foram com DBO, STD e nitratos, com r de -0,96, -0,87 e -0,77, respectivamente.

Gráfico 29 – Correlação linear entre coliformes fecais e IQA



Fonte: PEDROSO, L. B., 2017.

As curvas dos maiores valores de r foram negativas, isto é, mostrando a inversa proporcionalidade entre as variáveis e o IQA. Como o aumento dos valores dos respectivos parâmetros de qualidade das águas indica potencial de poluição, a lógica dos resultados foi validada.

Os resultados das correlações se mostram eficazes na medida em que apontam quais das variáveis envoltas do IQA se mostram preponderantes, permitindo apontar, de forma indireta, as formas de uso e ocupação que naturalmente possibilitem oscilação de tais resultados.

Não obstante, embora os resultados da qualidade das águas apresentem determinado aspecto de positividade, faz-se necessário o monitoramento constante por parte dos órgãos competentes. Neste sentido, parcerias entre as entidades e instituições de ensino, pesquisa e extensão, bem como órgãos gestores, facilitam a apreensão dessa proposta, assegurando a manutenção dos recursos hídricos regionais.

A ocorrência cada vez maior de fenômenos climáticos anômalos fortalece ainda mais tal perspectiva, induzindo que a carência de estudos ambientais com foco na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos seja sanada. Mais do que respeitar os princípios da ética ambiental e da legislação vigente, a maior atenção à tais pesquisas possibilitará a manutenção da produção de alimentos em consonância com a manutenção das áreas verdes, da biodiversidade e das águas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Goiás não dispõe de enquadramento dos corpos hídricos nas respectivas classes de águas doces da Resolução CONAMA 357/2005. Tal aspecto resulta em um descontrole ou até mesmo na ineficácia da manutenção da qualidade das águas, pois não há padrões mais rigorosos estabelecidos. A ausência de tal enquadramento implica na categorização automática para Classe 2, o que não favorece um gerenciamento eficaz dos recursos hídricos.

As áreas a montante e aquelas mais próximas à área urbana deveriam dispor de classificação com critérios mais rígidos, com o intuito de preservar a integridade e a qualidade das águas, por conta da intensificação de processos antrópicos nas proximidades dos leitos. Tais ações devem estar em consonância com as premissas da Política Nacional de Recursos Hídricos, remontando a necessidade da presença de águas para recreação, fins paisagísticos e também de consumo humano e para a produção de alimentos.

O diagnóstico de adequação ambiental permitiu a identificação de irregularidades dos pontos analisados face ao que é exigido pelo Código Florestal, em relação especificamente à manutenção das APPs. Os pontos analisados, além de não manterem a largura necessária, apresentaram problemas também quanto à densidade fitofisionômica. Tal realidade foi ainda mais significativa nos Pontos 04, 05 e 07, pois foram atribuídos os menores valores na avaliação para os parâmetros “Presença de mata” e “Extensão de mata” em ambos períodos de análise. As formas de uso e ocupação tiveram papel significativo sobre esse quadro, sobretudo as que se fazem mais presentes, como pastagem e agricultura. Em alguns casos, observou-se que o solo exposto se estendia do leito até às respectivas áreas.

Embora tenham sido pouco constatados, tais formas de uso do solo possibilitam a maior ocorrência de processos erosivos nas margens dos leitos. O pisoteio do gado, o uso de maquinário agrícola e o adensamento do solo decorrente de distintas atividades agropecuárias possibilitou maior frequência de escoamento superficial, gerando ravinas, sulcos e voçorocas. Entre os demais aspectos observados, a proximidade para com a área urbana é o que gerou queda de qualidade nos indicadores de um ponto em específico. Não houve alteração significativa do entorno e das proximidades dos corpos hídricos entre os períodos seco e chuvoso, o

que dispensa a necessidade de reavaliação da área em curtos espaços temporais para o método PAR.

Em relação à qualidade das águas, tem-se um quadro semelhante. Registrhou-se durante o período de estiagem nove pontos classificados com avaliação das águas em “Ótima”, e somente um como “Boa”, sendo este o ponto mais próximo ao perímetro urbano, com índice de 63,01. Embora as demais localidades tenham apresentado ótima qualidade, apresentaram quedas durante o período chuvoso, sendo essa característica já esperada, por conta do montante de material carreado superficialmente até os leitos.

Alguns parâmetros em específico induziram essa queda, no entanto, estando esses mais relacionados aos possíveis lançamentos de efluentes domésticos (para as águas cujos cursos perpassam nas proximidades do perímetro urbano) e/ou industriais nas proximidades dos corpos hídricos.

O IQA mais alto foi registrado justamente durante o período de estiagem, com índice de 89,95, atribuído ao Ponto 09. A média geral para a bacia gerada para ambos períodos, registrada em 80,67, também é classificada como “Ótima”.

As análises das águas revelaram resultados positivos em relação aos parâmetros do IQA, isto é, daqueles parâmetros físico-químicos e microbiológicos, cujo cálculo resulta numa amostragem de qualidade geral. Todavia, é notório que a atividade agrícola libera cargas acentuadas de compostos químicos, dentre os quais, muitos são metais pesados e acabam se concentrando nas áreas de lavoura. Este material naturalmente é carreado para os cursos d’água e não são evidenciados nestas avaliações. Análises específicas de metais pesados e da presença de defensivos agrícolas são necessárias para atestar a presença ou ausência de tais materiais, que são extremamente nocivos à saúde humana.

A bacia hidrográfica do Ribeirão da Areia dispõe de boa qualidade de suas águas no que tange aos parâmetros analisados e carece de atenção quanto à influência das formas de uso e ocupação sobre as áreas de preservação. Vale a ressalva de que boa qualidade para com os parâmetros exigidos pela resolução do CONAMA vigente não vale para aspectos de potabilidade, sendo necessária a observância de especificidades de portarias do Ministério da Saúde.

Uma análise mais crítica da região que se insere o Ribeirão da Areia (municípios de Buriti Alegre e Morrinhos) permite identificar fragilidades no que tange à aspectos técnicos relacionados às legislações em torno das águas. Sabe-se que a região se destaca pela importância quanto à produção de alimentos, especificamente produção agrícola e bovinocultura. É imprescindível que as instituições responsáveis pela formação profissional e tecnológica dos profissionais destes segmentos tenham em meio aos seus planos diretores, a prática da Educação Ambiental em todas suas nuances, desde a apresentação de conceitos ligados à sustentabilidade ambiental até aspectos técnicos, sobre reflorestamento, tratamento básico de efluentes, reciclagem e destinação corretas de materiais utilizados na atividade agropecuária. Neste sentido, a oferta de cursos, disciplinas e treinamentos pautados na Educação Ambiental é o elemento de caráter mais básico.

Além da formação dos profissionais, é fundamental que os órgãos gestores e, a nível da bacia, as agências de águas, bem como as demais entidades responsáveis pelo apoio técnico ao produtor também devem se fazer presentes nas propriedades rurais. Essa presença não deve valer somente de instruções relacionadas ao cultivo e produção agropecuários, mas também de elementos básicos da sustentabilidade e da legislação ambiental vigente.

Para tal, recomenda-se a divulgação de tais informações também com as lideranças políticas locais, bem como em sindicatos de trabalhadores e produtores rurais, como matéria técnica, se possível, com assistência jurídica de um profissional com formação e conhecimento no segmento do Direito Ambiental. Assim, a comunidade local terá subsídios para uma participação efetiva em conselhos locais e nos Comitês de Bacias regionalizados ali.

Já em relação aos métodos utilizados ao longo desta pesquisa, tem-se algumas considerações. A aplicabilidade dos métodos “Protocolo de Avaliação Rápida de Rios” e “Índice de Qualidade das Águas” se mostrou eficaz, na medida em que traduziu por meio de classificações as reais condições em termos de qualidade às quais estão expostos os trechos analisados. Ainda em aspectos relacionados à validade do método, pode-se concluir que aspectos específicos do PAR, após aplicação, podem ser adaptados a pesquisas futuras. Não distando dos protocolos atuais existentes, a eventual utilização de pesos específicos para algumas variáveis, levando-se em conta

o caráter da importância de cada uma delas para os ecossistemas analisados, seria de grande valia.

Em relação ao IQA, por se tratar de uma adaptação básica de um índice adaptado a regiões tropicais, acredita-se que para regiões centrais do Brasil não exista a necessidade de adaptações, salvo casos em que pesos específicos devam ser alterados em detrimento de aspectos locais. Dentre estes, tem-se como exemplo a influência do processo de urbanização, entendendo que os pesos se dão de modos distintos, conforme o tamanho das áreas urbanas e a própria dinâmica urbana; e o próprio caráter ecológico da região, onde aspectos como relevo, tipos de solo e rochas podem se fazer mais presentes sobre a qualidade das águas. Assim sendo, o método revelou com integridade a realidade local.

Importante frisar que as conclusões obtidas por meio das análises referem-se a características dos pontos estudados. Ainda que represente grande parte da realidade da bacia, não é possível afirmar com exatidão que todos os trechos do recorte espacial sejam dotados da mesma característica. Para pesquisas de cunho governamental, com maior disponibilidade de recursos e mão-de-obra, recomenda-se o emprego de mais pontos de análise, de modo que um mesmo curso d'água não apresente grandes extensões sem monitoramento. O desenvolvimento de planilhas e softwares que viabilizem a organização destes dados é um aspecto a ser observado com maior atenção.

É necessário que tais pesquisas sejam realizadas periodicamente, como forma de monitoramento das águas, juntamente com planos de ação de órgãos competentes, evitando quadros severos de qualidade e disponibilidade, como a escassez hídrica constatada na área de estudo durante segundo período de amostragem. Assim, é possível avaliar e identificar fragilidades ambientais, possibilitando maior eficácia na atuação do poder público face aos problemas recorrentes.

REFERÊNCIAS

- ABDALA, K. O.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso do solo da expansão sucroalcooleira na Microrregião Meia Ponte, Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 4, p. 661-674, 2010.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Capacitação para o SINGREH**. Brasília: ANA, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2011. 154 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Recursos hídricos**. Componentes da série relatórios sobre o estado e perspectiva do meio ambiente no Brasil. Brasília: ANA, 2007, 164 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, SPR, 2005.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 1998.
- AYOADE, John O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BARBOUR M. T.; GERRISTSEN J.; SNYDER B. D.; STRIBLING J. B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers**: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. 2. ed. Washington: EPA, 1999. 339 p.
- BARCELOS, C. et. al. Sistemas de Informações Geográficas em Saúde. In: CARVALHO, M. S.; PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, Organização Panamericana da Saúde, 2000. p. 45-84.
- BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 75-108, jan./abr. 2008.
- BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. Controle Ambiental da Água. In: PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo: Manole, 2005. p. 53-99.
- BELIZÁRIO, W. S. **Análise Geoquímica e Ambiental das Bacias Hidrográficas dos Córregos Almeida e Santa Rita em Aparecida de Goiânia/GO**. 2015. 219 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2015.
- BERNARDES, M. B. J. **Bacia hidrográfica do Rio Uberabinha**: a disponibilidade de água e uso do solo sob a perspectiva da educação ambiental. 2007. 223 f. Tese

(Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

BIZZO, M. R. O.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais**, Campos dos Goytacazes, v. 4, n. 1, p. 05-13, 2014.

BLUMBERG, E.; NETTO, J. M. A. Alcalinidade e dureza das águas naturais: processos de redução da dureza. **Revista do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo**, São Paulo, n. 28, v. 2, s./p., 1956.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; FERRAUDO, A. S. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 161-171, abr./jun. 2003.
<https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n2.p161-171>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jul. 1986.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Constituição, 1988.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 284 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco**: O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 96 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** Programas nacionais e metas. 4.ed. Brasília, 2003. 84 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL:** Folha SD.22. Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1981. 640 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL:** Folha SE.22. Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. 764 p.

BRUNDTLAND, G. **Our Common Future:** The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press, 1987.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M. & PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica de Brasil**, Rio Claro, v. 14, n. 1, 2002. p. 91-98.

CAMPOS, S. R. M.; NEHME, V. G. F.; COLESANTI, M. T. M. A cidade sustentável e o desafio da educação ambiental na superação da utopia. In: LIMA, S. C.; COSTA, E. M. (Org.). **Construindo Cidades Saudáveis**. Assis: Uberlândia, 2013. 274 p.

CARRIELLO, F. **Estimativas da resposta hidrológica das sub-bacias brasileiras.** 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-4042200000500009>

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F.; LIRA, W. S. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais:** uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 31-80.

CARVALHO, R. A.; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio.** 10. ed. São Paulo: Editora SENAC, 2010. 400 p.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** [S.I.]: 2005.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de textos, 2009. 464 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Águas Interiores.** Disponível em: <aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2016a.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo: CETESB, 2001. 150 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Índice de Qualidade da Água (IQA).** Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/108-índices-de-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 12 jan. 2016b.

CEREM, L. F. S. **Análise morfométrica da Bacia do Alto do Rio das Velhas – MG.** 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CHRISTOFOLLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 186 p.

COLLISCHONN, W; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia.** Porto Alegre: IPH UFRGS, 2010.

COSTA, A. M. A saúde como determinante das ações de saneamento: a intervenção sanitária de Saturnino de Brito em Recife. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000. s./p.

COSTA, R. A. **Zoneamento ambiental da área de expansão urbana da Caldas Novas – GO:** procedimentos e aplicações. 2008. 204 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental:** diferentes abordagens. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 43-80.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental:** diferentes abordagens. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 219-238.

DELLAGNEZZE, R. Política Nacional de Recursos Hídricos fundamentos: competência de outorga de concessão entre agências reguladoras e fiscalizadoras - Análise de caso in concreto. **Âmbito jurídico,** Rio Grande do Sul, ano X, n. 47, nov. 2007. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2576>. Acesso em: 15 jan. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (Brasil). **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Rio de Janeiro:** EMBRAPA Florestas, 2011. 67 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (Brasil). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (Brasil). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (Brasil). **Embrapa Monitoramento por Satélite.** Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. Biological criteria for the protection of aquatic life. **Division of Water Quality Monitoring Assessment,** Columbus, Ohio, v. 1-III, 1987. 120 p.

FARIA, V. E. Cinquenta anos de urbanização no Brasil: tendências e perspectivas. **Novos estudos**, São Paulo, n. 29, p. 98-119, mar. 1991.

FERREIRA, G. L. B. V.; FERREIRA, N. B. V. Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. In: simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2006, Bauru, **Anais...** Bauru, 2006.

FRANCO, M. C. **Verificação da qualidade de corpos hídricos na área urbanizada de Jataí (GO).** 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, Jataí, 2012.

FUCK, R. A.; MARINI, O. J. O Grupo Araxá e Unidades Homotaxiais. In: Simpósio sobre o Cráton do São Francisco e suas Faixas Marginais, Salvador, 1981. **Anais...** Salvador, 1981.

GOIÁS. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás:** Produto V: Elaboração do termo de referência do zoneamento agroecológico e econômico do Estado de Goiás. Goiânia: SEGPLAN, 2009.

GOIÁS. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás:** Relatório Final. Goiânia, 2005. 81 p.

GOIÁS. **Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás.** Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

GIACOMIN, G. S.; OHNUMA JR., A. A. Análise de resultados de pegada hídrica por países e produtos específicos. **Rev. Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, n. 8, p. 1562-1572, set./dez. 2012.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. **Journal North American Bentholological Society**, Washington, v. 4, n. 16, p. 853-860, 1997. <https://doi.org/10.2307/1468176>

HORTON, R. K. An index number system for rating water quality. **Journal of Water Pollution Control Federation**, New York, v. 37, n. 3, p.300-306, 1965.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE PANTANAL – IMAP. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Relatório de qualidade das águas superficiais da bacia do Alto Paraguai - 2002**. Campo Grande: Imap, 2003. 91 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Qualidade das Águas Superficiais de Minas Gerais em 2013**. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. 68 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA)**: Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA). Belo Horizonte: FEAM, 2005. 19 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Bases Cartográficas**. [S.I.]: 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Dados censitários de Municípios de Goiás**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 27 mai. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (Brasil). **Dados climáticos de Morrinhos**. [S.I.]: 1973-2015.

JACOBI, P. Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

JENSON, S.K.; DOMINGUE, J.O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v. 54, n. 11, p. 1593-1600, 1988.

JERÔNIMO, C. E. M.; SOUZA, F. R. S. Determinação do Índice de Qualidade da Água da Lagoa de Extremoz – RN: Série temporal e correlação a índices pluviométricos. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 10, n. 10, p. 2219-2232, Jan./Abr., 2013. <https://doi.org/10.5902/223611707888>

KEGLEY, S. E.; ANDREWS, J. **The chemistry of water**. Sausalito, CA: University Science Books, 1998. 167 p.

- LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.
- LIEBMANN, Brant; MECHOSO, Carlos R. **The global monsoon system**: research and forecast. 2. ed. World Scientific Publishing Co, 2011.
- LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 46 p.
- MARCATTO, C. **Educação ambiental**: conceitos e princípios. Belo Horizonte: FEAM, 2002. 64 p.
- MARENGO J. A. et al. Climatology of the low level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. **Journal of Climate**. v. 17, p. 2261-2280, jun. 2004. Disponível em: < <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282004%29017%3C2261%3ACOTLJE%3E2.0.CO%3B2>>.
- MARODIN, V. S.; BARBA, I. S.; MORAIS, G. A. Educação Ambiental com os Temas Geradores Lixo e Água e a Confecção de Papel Reciclável Artesanal. In: Congresso Brasileiro de Extensão Universitária, 2., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS. 2004. p. 1-7. Disponível em: < <http://www.ufmg.br/congrext/Educa/WORD/Educa62a.doc>>. Acesso em: 12 ago. 2016.
- MATTOS, S. C. Planejamento, Gestão Territorial Regional e Desenvolvimento Sustentável da Microrregião Meia Ponte, Estado de Goiás, Brasil. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 28, 2002, Cancún, México, **Anais...** Cancún, 2002.
- MELLO, A. Y. I.; VALLEJOS, M.; PRADO, R. B.; CERONI, M. B.; LUI, G. H. Cambios en el Uso de la Tierra y Recursos Hídricos: Mapas Conceptuales para la Gestión Territorial. In: Congresso Argentina y Ambiente, Mar Del Plata, 2012. **Anais...** Mar Del Plata, 2012.
- MEDEIROS, P. R. P. **Subprojeto 1.1. B – Determinação da Carga de Nutrientes do São Francisco na Região da Foz**: Relatório Final. In_____: Projeto de Gerenciamento Integrados das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA). Universidade Federal de Alagoas, 2003, 160 p.
- MELO, O. T. **Comportamento biogeoquímico de nutrientes no estuário do Rio Bocanha Ilha de São Luís - MA**. 1998. 210 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1998.
- MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MORAES, A. J.; BRIGANTE, J. **Manual para Diagnóstico da qualidade dos recursos hídricos**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia, EESC-USP, 2010. 82 p.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>

MORRINHOS. **Diagnóstico do Município de Morrinhos**. Disponível em: <<http://www.morrinhos.go.gov.br/lazer/itemlist/category/9-secretarias>>. Acesso em: 19 mai. 2015.

MOTA, F. S.; VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428 p.

NASCIMENTO, M. A. L. S. Geomorfologia do Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 12, n. 1., jan./dez. 2001.

NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; CONCEICAO, F. T. O Grupo Araxá na região sul-sudoeste do Estado de Goiás. **Geologia USP, Série científica**, São Paulo, v.13, n.2, p.5-28, jun. 2013.

NAVARRO, G. R. B. **Geologia da região de Pontalina (GO)**. 2006. 125 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. Leite: produção em queda nas principais bacias leiteiras do país sustentam os preços. São Paulo. Disponível em: <http://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/granjeiros/118173-leite-producao-em-queda-nas-principais-bacias-leiteiras-do-pais-sustentam-os-precos.html#.VVuhG6m_XCs>. Acesso em: 19 mai. 2015.

NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. 2011. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

NUNES, E. R. M. **Metodologia para a gestão ambiental de bacias hidrográficas com abrangência para região hidrográfica**: um estudo de caso do plano diretor do Programa Pós Guaíba. 2001. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

OBSERVATÓRIO DO MUNDO DO TRABALHO. **Estudos Microrregionais**: Estudos e pesquisas econômicas, sociais e educacionais sobre as microrregiões do Estado de Goiás – Microrregião do Meia Ponte. Goiânia: IFG, 2013. 51 p.

OLIVEIRA, A. G. **A questão do valor do clima**. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 101-111, jul./dez. 2009.

OLIVEIRA, J. C. **Biometeorologia:** Efeitos dos elementos meteorológicos na qualidade e na saúde humana, estudos de caso em Maceió-AL. Maceió: Fundação Manuel de Lisboa, 2005.

PEREIRA, R. F. **Estudo do impacto da variação dos parâmetros no cálculo final do Índice de Qualidade da Água (IQA) como critério de classificação dos corpos hídricos superficiais.** 2015. 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

PHILIPPI JR., A. (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. 842 p.

PHILIPPI JR., A.; MARCON, G.; GRISOTTO, L. E. G. Desafios para a gestão dos recursos hídricos e o desenvolvimento urbano. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 65-91, jul./dez. 2009.

PHILIPPI JR., A.; MARTINS, G. Águas de abastecimento. In: PHILIPPI JR., A. (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p. 117-180.

PHILIPPI JR., A.; SILVEIRA, V. F. Controle da Qualidade das Águas. In: PHILIPPI JR., A. (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente:** fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p. 415-438.

PICCOLI, A. S.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C.; ASSUMPÇÃO, R. F. A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 797-808, 2016. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.26852015>

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição:** aspectos físicoquímicos. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil:** capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, n. 46, p. 288-294, 1993.

RICETO, A. As áreas de preservação permanente (APP) urbanas: sua importância para a qualidade ambiental nas cidades e suas regulamentações. **Revista da Católica**, Uberlândia, v. 3, n. 5, s./p., jan./jul. 2011.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia:** Base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322 p.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 396 p.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida para o monitoramento e avaliação ambiental de cursos d'água inseridos em campos rupestres.** 2008. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

RODRIGUES, G. S. S. C.; COLESANTI, M. T. M. Educação Ambiental e as novas tecnologias de informação e comunicação. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.1, p. 51-66, jun. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100003>

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista Geografia**, São Paulo, v. 6, n. 1, 1992.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da climatologia no Brasil. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n. 7, 2004.

SANTOS, J. **Delimitação de bacias hidrográficas com TauDEM.** Disponível em: <http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2015/04/QGIS28_Delimitacao_de_Bacias_com_TauDEM.rar>. Acesso em: 13 ago. 2015.

SANTOS, S. M.; BARCELLOS, C. (Org.). **Abordagens espaciais na saúde pública.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

SARKAR, C. H.; ABBASI, S. A. Qualidex: a new software for generating water quality indices. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 119, p. 201-231, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10661-005-9023-6>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Recursos hídricos.** São Paulo: SMA / CEA, 2011. 138 p.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: RiMa, 2004. 140 p.

SILVA, J. R. R.; RODRIGUES, R. F. M. N. A educação ambiental na escola: uma abordagem reflexiva sobre a legislação. In: DE LA FUENTE, A. R. S.; ROCHA, E. V. (Org.). **Geografias do Cotidiano:** diálogos sobre meio ambiente e sustentabilidade. Uberlândia: Edibrás, 2013. p. 143-154.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>

SOUZA, M. M. S. A dominialidade das águas e a questão das fontes situadas em propriedade privada. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XII, n. 63, abr. 2009. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5926>. Acesso em jul. 2015.

SRTM – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION. **Interferometric Synthetic Aperture Radar Images**. [S.I.]: 2000.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, v. 38, p. 913-920, 1952.

SUTADIAN, A. D.; MUTTIL, N.; YILMAZ, G. A.; PERERA, B. J. C. Development of river water quality indices: a review. **Environmental Monitoring Assessment**, Jackson, v. 188, n. 58, s./p., 2015.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, s./p., out./dez. 2008.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. **Water for People Water for Life**: The United Nations World Water Development Report. World Water Assessment Programme. Paris: UNESCO, 2003. 36 p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. **Global environment outlook (GEO 5)**: environment for the future we want. Malta: UNEP, 2012. 486 p.

VALLE, C. E. do. **Qualidade Ambiental**: ISO 14000. 10. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

VALLE JR., R. F.; PISSARRA, T. C. T.; PASSOS, A. O.; RAMOS, T. G.; ABDALA, V. L. Diagnóstico das Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba-MG, Utilizando Tecnologia SIG. **Revista Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 495-503. mai./jun. 2010.

VARGAS, J. R. A.; FERREIRA JÚNIOR, P. D. F. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Espírito Santo, v. 17, n. 1, p. 161-168, 2012. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v17n1.p161-16>

VASCONCELOS, M. E. G. Avaliação ambiental estratégica para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. In: CÂNDIDO, G. A.; LIRA, W. S. (Org.). **Gestão sustentável dos recursos naturais**: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 295-318.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, 1996. 452 p.

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; GESSNER, M. O.; DUDGEON, D.; PRUSEVICH, A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S; BUNN, S. E.; SULLIVAN, C. A.; REIDY LIERMANN, C. E P. M. DAVIES, P. M. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature**, n. 467, p. 555-561, 2010.
<https://doi.org/10.1038/nature09440>

WANG, X; YUA, Z.; CINDERBY, S.; FORRESTER, J. Enhancing participation: Experiences of participatory geographic information systems in Shanxi province, China. **Applied Geography**, v. 28, p. 96-109, 2008.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2007.07.007>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Hay suficiente agua em el mundo?** Genebra: WMO/UNESCO, 1997. 22 p.

ANEXO



Ponto:	Coordenadas GPS:	
Localização:		
Data da Coleta:	/	/
Hora da Coleta:		
Tempo (situação do dia):		
Modo de coleta (coletor):		
Tipo de ambiente: Córrego () Rio ()		Largura média:
Profundidade média:		Temperatura da água:

Parâmetros	Pontuação		
	4 pontos	2 pontos	0 ponto
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem / agricultura / reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros	Moderada; pequenas áreas de erosão frequentes	Acentuada e Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retilinização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Total	Parcial	Ausente
5. Presença de Mata Ciliar	Acima de 80% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento	Entre 50 e 80% com vegetação ripária nativa; desflorestamento parcial; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado
6. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 15 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.)	Largura da vegetação ripária entre 10 e 15 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária menor que 10 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica
7. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
8. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
9. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
10. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
11. Tipo de fundo	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado
12. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações antigas	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado
13. Características do fluxo das águas	Lâmina d'água acima de 80% do canal do rio; ou menos de 20% do substrato exposto	Lâmina d'água entre 40 e 80% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos