

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

**QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS NOS RESERVATÓRIOS DAS
USINAS HIDRELÉTRICAS DE NOVA PONTE E MIRANDA – MINAS GERAIS**

FABRÍCIO SILVÉRIO FLAUZINO

UBERLÂNDIA
2014

FABRÍCIO SILVÉRIO FLAUZINO

**QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS NOS RESERVATÓRIOS DAS
USINAS HIDRELÉTRICAS DE NOVA PONTE E MIRANDA – MINAS GERAIS**

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

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território
Orientador: Professor Dr. Luiz Nishiyama

UBERLÂNDIA
2014

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

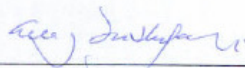
- F587q
2014 Flauzino, Fabrício Silvério, 1976-
Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda - Minas Gerais / Fabrício Silvério Flauzino. - 2014.
145 f. : il.
- Orientador: Luiz Nishiyama.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.
1. Geografia - Teses. 2. Geografia física - Teses. 3. Água - Controle de qualidade - Usinas hidrelétricas - Minas Gerais - Teses. 4. Sedimentos e depósitos - Usinas hidrelétricas - Minas Gerais - Teses. I. Nishiyama, Luiz. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

FABRÍCIO SILVÉRIO FLAUZINO

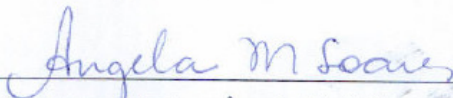
“QUALIDADE DA ÁGUA E DE SEDIMENTOS NOS
RESERVATÓRIOS DAS USINAS HIDRELÉTRICAS DE NOVA
PONTE E MIRANDA – MINAS GERAIS”.



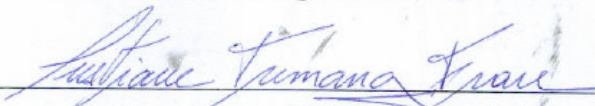
Prof. Doutor Luiz Nishiyama (Orientador) - UFU



Profª. Doutora Vânia Sílvia Rosolen – UNESP



Professora Doutora Ângela Maria Soares – UFU



Professora Doutora Cristiane Tumang Frare - FPU



Professor Doutor Rildo Aparecida Costa – UFU - FACIP

Data: 04 / 09 de 2016

Resultado: aprovado

Aos meus pais, que sempre despertaram
em seus filhos a responsabilidade e o
empenho aos estudos.

À minha esposa Alana e filhos Ana Maria
e Pedro Henrique.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela minha vida, pelas oportunidades que tenho e pelas bênçãos recebidas a cada dia.

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Luiz Nishiyama, pela orientação amizade e confiança.

Aos meus pais, João Flauzino de Oliveira e Maria Silvério de Oliveira, agradeço o exemplo de vida, o amor pelos filhos, pela família. Meus pais são, sem dúvida, os responsáveis por esta realização, pois incentivam sempre os meus projetos e acreditam no meu potencial.

A minha família Alana, Pedro Henrique e Ana Maria, por estar ao meu lado, por ser tão especial em minha vida.

À minha filha, Ana Maria, que, em cada sorriso e carinho, faz-me viver intensamente feliz.

Aos meus irmãos, Marcelo e Juliana, pelo apoio e amor incondicionais.

Agradeço a todos os meus familiares, especialmente aos meus tios José Silvério e Eliane, e aos meus primos Tatiane, Flaviane, Cristiane, Luciano, Marcelo, Ricardo, Fabiana e Gilberto pelo apoio na realização das amostragens e apoio no desenvolvimento da tese.

Aos colegas do Laboratório de Ensaio em Alimentos e Meio Ambiente do SENAI CETAL, Celso, Maria Amélia, Nilva, Neusa, Ivan e Virgílio que contribuíram de uma forma ou de outra para o desenvolvimento das análises.

Ao colega Rogério Pereira pelo apoio na realização de ensaios nas amostras de água e sedimentos.

Aos meus amigos Virgílio, Ivan e Pedro Henrique pelo apoio e companheirismo na realização dos trabalhos de campo.

A minha amiga Mirna Karla pelo apoio, carinho e companheirismo na elaboração dos mapas e da tese.

Ao colega Giliander pelo desenho dos mapas.

A Maria Beatriz do Instituto de Geografia pelo auxílio e esclarecimentos durante o período do curso.

Agradeço ao Prof. Dr. Rildo Aparecido Costa e à Prof^a. Dr^a. Ângela Maria Soares pelas sugestões no Exame de Qualificação desta tese.

Aos meus amigos e parentes, que direta ou indiretamente, fazem parte da minha caminhada e me incentivam positivamente.

A todos estes e a outros porventura não citados, por todo o apoio oferecido, muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho possui o objetivo de avaliar a qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, em Minas Gerais. As coletas de amostras de água e de sedimentos foram realizadas em duas estações distintas do ano: seca (mês de março) e chuvosa (mês de setembro) do ano de 2013. Resultados das análises físico-químicas da água indicaram valores aquém dos limites estabelecidos pela legislação, para os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, de Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis, e para as amostras de sedimentos: Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Total, Níquel Total e Zinco Total. Os valores dos ensaios das amostras de água foram interpretados em função dos limites de aceitação individuais para cada substância em cada classe, visando ao atendimento dos padrões de qualidade das águas estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Foram comparados os resultados dos ensaios em amostras de sedimentos com os níveis de aceitação da Resolução nº 454 do CONAMA (2012). Para auxiliar a interpretação dos resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas da água, e físicas e químicas dos sedimentos, a área de estudo foi mapeada quanto ao uso e ocupação das terras. Este mapeamento identificou a presença de 58 % do uso antrópico, 40 % de cobertura vegetal natural e 2 % ocupada pelos corpos d'água. A classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA) mostra que os pontos de amostragem, em sua maioria, oscilam entre ótimo e bom e que o Índice de Estado Trófico (IET) predominante foi o mesotrófico. A avaliação de variáveis físicas, químicas e biológicas da água, e físicas e químicas dos sedimentos dos lagos de Nova Ponte e Miranda, aliada a técnicas de geoprocessamento, propiciou melhor conhecimento das condições ambientais da área de estudo e os resultados obtidos podem ser utilizados como fontes de dados primários para promover o planejamento e gestão ambiental local e regional.

Palavras-Chave: Qualidade da água. Qualidade dos sedimentos. Reservatório da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte. Reservatório da Usina Hidrelétrica de Miranda.

ABSTRACT

This work has the objective of evaluating the quality of water and sediments in the reservoirs of hydroelectric plants of Nova Ponte and Miranda, in Minas Gerais State - Brazil. The collection of water samples and sediments were carried out in two distinct seasons: Dried (March) and rainy (September) of the year 2013 results of physico-chemical analyzes of the water showed values above the established limits by law, for the following parameters: Dissolved Oxygen, Total Dissolved Solids, Total Suspended Solids and sedimentable solids, and sediment samples: Total Cadmium, Total Lead, Total Copper, Nickel and Zinc Total. The values of the tests of water samples were interpreted according to the limits of acceptance for each individual substance in each class, aimed at meeting the water quality standards established by Resolução No. 357 of the CONAMA (2005). We compared the results of tests on samples of sediment to the levels of acceptance of Resolution No. 454 of the CONAMA (2012). To help understand the results of physico-chemical and bacteriological analyzes of water and physical and chemical characteristics of sediments in the study area was mapped on the use and occupation of land. This mapping has identified the presence of 58% of the anthropic use, 40% of natural vegetation cover and 2% occupied by water bodies. Classification of Water Quality Index (AQI) shows that the sampling points, mostly fluctuate between excellent and good, and the Trophic State Index (TSI) was the predominant mesotrophic. The evaluation of physical, chemical and biological variables of the water, and physical and chemical characteristics of sediments from the lakes of Nova Ponte and Miranda, coupled with GIS techniques, provided better knowledge of the environmental conditions of the study area, and the results obtained can be used as primary data sources to promote local and regional planning and environmental management.

Key - words: Water quality. Sediment quality. Reservoir of the Hydroelectric Plant of Nova Ponte. Reservoir of the Hydroelectric Plant of Miranda.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

APHA - American Public Health Association

ASTM – American Society for Testing and Materials

CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura

CETAL FAM - Centro Tecnológico em Alimentos Fábio de Araújo Motta

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CRL - Certificado de Acreditação

CSAT - Concentração de Saturação

CTC - Capacidade de Troca de Cátions

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DDT – Dicloro Difenil Tricloroetano

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESRI – Environmental Systems Research Institute

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente

FQ – Físico-química

GPS - Global Positioning System

IAP - Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEC – International Electrotechnical Commission

IESA - Internacional Engenharia

IET – Índice de Estado Trófico

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IQA - Índice de Qualidade da Água

IVA - Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA)

ISO - International Organization for Standardization
LAMAM - Laboratório de Ensaios em Alimentos e Meio Ambiente
MG – Minas Gerais
NASA – National Aeronautics and Space Administration
NBR - Norma Brasileira Registrada
ND - Não Detectado
OD - Oxigênio Dissolvido
OG - Óleos e Graxas
OLI – Operational Land Imager
OMS - Organização Mundial de Saúde
PCB – Bifenilo Policlorado
PCH – pequena Central Hidroelétrica
pH - Potencial Hidrogeniônico
PN1- Bacia do Rio Dourados
PN2 – Bacia do Rio Araguari
PN3 - Bacia dos afluentes mineiros do baixo Paranaíba
PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira
RBC – Rede Brasileira de Acreditação
RADAM – Radar na Amazônia
RADAMBRASIL – Radar no Brasil
RPD – Ratio of Performance to Deviation
SAD – South American Datum
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente
TIFF – Tagged Image File Format
UFU - Universidade Federal de Uberlândia
UHE – Usina Hidrelétrica
UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos
UNT – Unidades Nefelométricas
US EPA – US Environmental Protection Agency
VGQS – Valores Guia de Qualidade de Sedimento
WGS – World Geodetic System

LISTA DE SÍMBOLOS

a - aguçadas

atm – atmosfera

c - convexas

C – Carbono

CaCO – Carbonato de Cálcio

Cd - Cádmio

Cl – Cloro

cm - centímetro

Cu – Cobre

G/kg – Grama por quilograma

HNO₃ - Ácido Nítrico

H₂SO₄ – Ácido Sulfúrico

km – quilômetro

km² – quilômetro quadrado

m - metro

mg/L - miligramas por litro

mgO₂/L - miligramas de oxigênio molecular por litro

mgP/L – miligramas de fósforo por litro

mg Pt/L – miligramas de platina por litro

mg/Kg – miligrama por quilograma

mL - mililitro

mm – milímetros

Mn - Manganês

MW – Megawatts

m/s – metros por segundo

N – Nitrogênio

NH₃ – Amônia

NMP – Número Mais Provável

NO₂ – Óxido Nítrico

NTU - Unidades Nefelométricas

O₂ - Oxigênio Molecular

P - Fósforo

Pb – Chumbo

Pt - Platina

R1 – Amostra 1

R2 – Amostra 2

S – South

t - tabulares

W – West

°C - Graus Celsius

µg – micrograma

µg/L – micrograma por litro

µm – micrometro

µS – microsiemens

µS/ cm– microsiemens por centímetros

4R3G2B - 4 Red 3 Green 2 Blue

% - Porcentagem

= - igual

< - menor

≤ - menor ou igual

> - maior

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio Paranaíba no quarto (4º) semestre de 2012.	29
FIGURA 2 – Frequência do Índice de Qualidade das Águas superficiais no estado de Minas Gerais.	30
FIGURA 3 – Frequência do Índice de Estado Trófico no estado de Minas Gerais.	31
FIGURA 4 – Localização da área de pesquisa.	36
FIGURA 5 – Geologia da bacia hidrográfica do rio Araguari.	38
FIGURA 6– Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Araguari	39
FIGURA 7 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Araguari.	40
FIGURA 8 – Amostrador de sedimentos	45
FIGURA 9 – Amostrador de água para grandes profundidades	46
FIGURA 10 – Equipamentos para análise em campo.....	47
FIGURA 11 – Representação esquemática dos procedimentos de amostragens de águas e sedimentos adotados.	49
FIGURA 12 – Preparação do barco para a realização das amostragens.	50
FIGURA 13 – Acondicionamento da amostra de água para ensaios microbiológicos.	51
FIGURA 14 – Amostragem de água com o amostrador de profundidade.	51
FIGURA 15 – Realização de amostragem de sedimentos de fundo.	52
FIGURA 16 – Utilização do analisador multiparâmetro para a realização de medições de campo.	52
FIGURA 17 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.....	54
FIGURA 18 – Frascaria e embalagens previamente identificadas, utilizadas para o acondicionamento das amostras.	55
FIGURA 19 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas - “IQA”.	68
FIGURA 20 – Carta imagem da bacia do rio Araguari Minas Gerais – Carta imagem Landsat 8 (Sensor Oli) 4R3G2B, 2013.	73
FIGURA 21 - Gráfico comparativo dos teores de Oxigênio Dissolvido no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície	80
FIGURA 22 - Gráfico comparativo dos valores de Temperatura no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.....	81

FIGURA 23 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Dissolvidos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.	82
FIGURA 24 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Suspensos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície	82
FIGURA 25 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Sedimentáveis no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.	83
FIGURA 26 - Gráfico comparativo dos valores de pH no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.....	83
FIGURA 27 - Gráfico comparativo dos valores de Cor Aparente no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.....	84
FIGURA 28 - Gráfico comparativo dos teores de Oxigênio Dissolvido no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.....	86
FIGURA 29 - Gráfico comparativo dos valores de Temperatura no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.	87
FIGURA 30 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Dissolvidos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.....	88
FIGURA 31 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Suspensos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.....	88
FIGURA 32 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Sedimentáveis no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.....	89
FIGURA 33 - Gráfico comparativo dos valores de pH no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.	90
FIGURA 34 - Gráfico comparativo dos valores de Cor Aparente no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.	90
FIGURA 35 - Gráfico comparativo dos Índices de Qualidade de Água nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.	95
FIGURA 36 - Gráfico comparativo dos Índices de Estado Trófico da Água nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.....	98
FIGURA 37 – Composição granulométrica do sedimento dos reservatórios de Nova Ponte e Miranda nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013. .	100
FIGURA 38 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 1.....	104

FIGURA 39 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 2.....	104
FIGURA 40 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 3.....	105
FIGURA 41 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 4.....	106
FIGURA 42 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 5.....	107
FIGURA 43 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 6.....	107
FIGURA 44 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 7.....	108
FIGURA 45 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 8.....	108
FIGURA 46 - Gráfico comparativo dos teores de carbono nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.....	109
FIGURA 47 - Mapa de uso e ocupação da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Araguari no ano de 2013	112
FIGURA 48 - Área ocupada pelas categorias de cobertura vegetal, uso antrópico e corpos de água.....	114
FIGURA 49 – Cultura anual.....	114
FIGURA 50 – Cultura irrigada.....	115
FIGURA 51 – Silvicultura.....	115
FIGURA 52 – Pastagem.....	116
FIGURA 53 – Vegetação natural.	117
FIGURA 54 – Vegetação natural..	117

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Relação dos pontos de amostragem e quantidade de amostras nos meses de março e setembro de 2013	56
QUADRO 2 - Escalas de enquadramento do IQA por Estado	69
QUADRO 3 - Quadro de referência para a classificação do Índice de Qualidade da Água	94
QUADRO 4 - Quadro de referência para a classificação do Índice do Estado Trófico	97

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação dos amostradores de sedimentos segundo as características de amostragem.....	43
TABELA 2 – Características principais dos amostradores de fundo tipo draga e busca de fundo.....	44
TABELA 3 – Características dos principais testemunhadores.....	44
TABELA 4– Legenda do amostrador de sedimentos.....	45
TABELA 5 – Legenda do amostrador de água para grnades profundidade.....	46
TABELA 6 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos inorgânicos – Água e Sedimento.....	59
TABELA 7 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos orgânicos – Água e Sedimento	61
TABELA 8 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios microbiológicos – Água e Sedimento.....	62
TABELA 9 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de clorofila <i>a</i> – Água bruta.....	63
TABELA 10 – Relação de parâmetros, métodos e limites de quantificação e de aceitação por amostra, utilizados na pesquisa	64
TABELA 11 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e seus respectivos pesos.....	67
TABELA 12: Classes de estado trófico para reservatórios	71
TABELA 13 – Registros de dados de controle de temperatura do branco – período chuvoso de 2013 (mês de março de 2013).....	75
TABELA 14 – Registros de dados de controle de temperatura do branco – período seco de 2013 (mês de setembro de 2013).....	76
TABELA 15 – Dados de ensaios e avaliação do procedimento de réplica para o parâmetro sólidos sedimentáveis – período chuvoso de 2013.....	77
TABELA 16 – Dados de ensaios e avaliação do procedimento de réplica para o parâmetro sólidos sedimentáveis – período seco de 2013.	78
TABELA 17 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 – amostras de superfície.	79
TABELA 18 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostras de superfície	80

TABELA 19 – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostragem de profundidade.	85
TABELA 20 – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostragem de profundidade.....	85
TABELA 21 - Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 – amostras de superfície.	92
TABELA 22 - Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostras de superfície.	92
TABELA 23– Resultados e enquadramentos do IQA – períodos chuvoso(mês de março) e seco (mês de setembro) de 2013.....	94
TABELA 24 – Resultados e enquadramento do IET – período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.	97
TABELA 25 – Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013 (mês de março).....	99
TABELA 26 – Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período seco de 2013 (mês de setembro).....	100
TABELA 27 – Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013.	102
TABELA 28 – Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período seco de 2013	103
TABELA 29 – Área e percentual do uso da terra e cobertura vegetal.	113

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
2 OBJETIVOS.....	24
2.1 Principal	24
2.2 Específicos	24
3 REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1 Avaliação da qualidade da água.....	25
3.1.1 Importância da água	25
3.1.2 Uso múltiplo da água – Geração de energia elétrica	26
3.1.3 Índice de Qualidade das Águas - IQA	27
3.1.4 Índice de estado Trófico - IET	31
3.2 Avaliação da qualidade dos sedimentos.....	32
3.2.1 A importância da avaliação dos sedimentos de fundo	32
3.2.2 Atividades que influenciam na qualidade dos sedimentos de fundo	33
4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
4.1 Localização	35
4.2 Caracterização da área.....	36
4.2.1 Clima	36
4.2.2 Geologia.....	37
4.2.3 Geomorfologia	38
4.2.4 Solos.....	39
4.2.5 Cobertura vegetal nativa	40
4.2.6 Aspectos sócio-econômicos.....	41
4.2.7 Usos múltiplos da água na bacia.....	41
5 MATERIAIS E MÉTODOS	42
5.1 Amostragens de água e sedimentos	42
5.1.1 Materiais utilizados.....	42
5.1.1.1 <i>Desenvolvimento do amostrador de sedimentos de fundo</i>	<i>42</i>
5.1.1.2 <i>Amostrador de água em profundidade</i>	<i>46</i>
5.1.1.3 <i>Equipamentos utilizados para a realização dos ensaios de campo....</i>	<i>47</i>
5.1.2 Métodos e técnicas utilizados.....	48
5.2 Realização dos ensaios.....	58

5.3 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas.....	67
5.4 Cálculo do Índice de Estado Trófico	69
5.5 Elaboração da carta imagem e de uso da terra e cobertura vegetal ...	71
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
6.1 Análises da água.....	74
6.1.1 Controle da qualidade da amostragem.....	74
6.1.2 Análises realizadas.....	79
6.1.2.1 <i>Amostras de superfície</i>	79
6.1.2.2 <i>Amostras de profundidade</i>	84
6.1.3 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA)	92
6.1.4 Cálculo do Índice de Estado Trófico (IET).....	95
6.2 Análises do sedimento.....	98
6.2.1. Caracterização física	98
6.2.2. Caracterização química.....	101
6.3 Avaliação do uso da terra e cobertura vegetal	110
7 CONCLUSÃO.....	119
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	123
APÊNDICES	134

1 INTRODUÇÃO

Dentre todos os recursos naturais do planeta, a água é o mais importante visto que ela garante a vida na Terra. Sabe-se que a água sempre exerceu um importante papel no desenvolvimento das civilizações humanas, na agricultura e indústria, e nos valores culturais e religiosos da sociedade. Em resumo, a água é um recurso essencial para a humanidade, pois mantém a vida no planeta Terra, sustenta a biodiversidade e a produção de alimentos e é responsável pela maioria dos ciclos naturais da superfície da Terra. Portanto, a água tem importância geológica, ecológica, econômica e social (TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M., 2005).

Porém, mesmo a água sendo uma substância essencial e fundamental para o desenvolvimento econômico e social da humanidade, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso. Os múltiplos usos da água, em função do desenvolvimento industrial, agrícola, econômico, social e do crescimento populacional, geram impactos negativos com as mais variadas magnitudes e acabam afetando quantitativa e qualitativamente a água (TUNDISI, J.G., 2005).

Informações sobre a quantidade e qualidade da água de um determinado corpo hídrico são necessárias para que se conheça a sua situação em relação aos usos e impactos na bacia hidrográfica. O conhecimento quanto à quantidade e à qualidade da água é essencial para que se planeje a ocupação e seja exercido o necessário controle desses impactos sobre a mesma (REBOUÇAS et al., 2006).

A bacia hidrográfica compreende a uma unidade natural de uma determinada área da superfície terrestre, criada e delimitada pelo próprio escoamento das águas pela superfície ao longo do tempo.

É o resultado da interação da água com outros recursos naturais como a vegetação, clima, solo, entre outros.

Sabe-se que o curso de água é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a bacia hidrográfica. A água que chega a esta unidade natural por precipitação é recolhida e processada e, posteriormente, conduzida parcialmente para formar o curso de água.

Este curso de água, uma vez constituído, responde tanto a influências de fatores naturais como às ações antrópicas sobre os todos os recursos naturais integrantes de uma bacia hidrográfica (BRIGANTE; ESPINDOLA, 2003).

O estudo das características de uma bacia hidrográfica, bem como os efeitos das ações antrópicas na mesma são importantes fatores para a avaliação da degradação ambiental da bacia.

Vale ressaltar que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A sua execução se dá pela realização de instrumentos caracterizados pelos planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelos usos destes recursos e o sistema de informação. (BRASIL, 1997).

Lagos, represas, áreas alagadas e rios funcionam como ecossistemas complexos, que consistem de muitos componentes e subsistemas que interagem e variam no espaço e no tempo, com interações permanentes e dinâmicas, de natureza ecológica, econômica e social, com a bacia hidrográfica a qual pertencem. Estes ecossistemas acabam por refletir consideravelmente o espectro de interações nas bacias hidrográficas, incluindo as atividades humanas, visto que, além da carga natural de nutrientes inorgânicos e de outros elementos, eles podem sofrer progressivamente o impacto das diversas atividades humanas (TUNDISI, J. G. ; TUNDISI, T. M., 2008).

Os reservatórios artificiais são utilizados para variados e diversos usos. Eles tinham, inicialmente, como função principal a produção de energia elétrica e reserva de água.

Com o passar do tempo, os usos múltiplos se diversificaram e juntamente com eles novas complexidades nos ecossistemas dos reservatórios foram surgindo.

Atualmente, além da geração de hidroeletricidade e reserva de água potável, os reservatórios também são utilizados para regulação de vazão, reserva de água para irrigação, recreação, turismo, pesca, aquacultura, transporte (hidrovias), entre outros.

Quando os reservatórios operam em cascata, a capacidade de geração e a contribuição das usinas para a regularização do rio são potencializadas.

Assim sendo, observa-se que é comum a construção de reservatórios sequenciais em alguns dos principais rios do sudeste do Brasil, entre eles os rios Tietê, Grande, Paranapanema, São Francisco e rio Araguari em Minas Gerais.

Estes reservatórios situados em cascata podem produzir efeitos e impactos cumulativos, transformando inteiramente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais de todo o rio.

Reservatórios em cascata caracterizam-se pelo fato de que os efeitos em um reservatório podem ser transferidos para o outro a jusante. Geralmente, a qualidade da água de um reservatório a montante é semelhante a outro isolado. Já a qualidade da água do segundo reservatório, ou dos posteriores, pode-se encontrar alterada.

Outros fatores relevantes são a classificação do tipo de rio e a distância entre os reservatórios. Quanto maior o rio, maior é o tempo de retenção e efeitos no rio a jusante. A distância entre um reservatório e outro é também relevante, visto que os efeitos são mais significativos quando a distância entre eles é menor. (TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M., 2008).

Entre os efeitos e impactos causados por reservatórios em cascata, vale ressaltar que a regulação do fluxo de água provoca modificação do regime hidrológico, modificações dos ciclos biogeoquímicos, alterações no sistema de reprodução de peixes e retenção de sedimentos.

Uma das formas de tentar mensurar os efeitos e impactos gerados pela construção de reservatórios é a análise e interpretação de componentes do ecossistema reservatório. Entre os componentes principais e de relevada importância estão a água e os sedimentos.

A qualidade das águas superficiais e dos sedimentos de reservatórios está submetida a um conjunto de impactos de origem antrópica derivados dos usos múltiplos das bacias hidrográficas.

A avaliação da qualidade de água tem sofrido, ao longo dos últimos anos, algumas mudanças substanciais do ponto de vista da abordagem dos programas de monitoramento, em diversos países. Essa mudança de paradigma inclui também a avaliação da qualidade dos sedimentos. O sedimento, que até pouco tempo era considerado apenas como um compartimento de (geo) acumulação de nutrientes e contaminantes, passa agora a ser também considerado um ambiente de troca e interação das espécies do ecossistema com a coluna de água e biota residente (MOZETO et al, 2006).

A opção de avaliar a qualidade da água e dos sedimentos dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e de Miranda, no rio Araguari, deu-se em virtude deste lagos localizarem-se a montante da futura captação de água da cidade de Uberlândia, a ser localizada no reservatório da usina hidrelétrica Amador Aguiar I, no rio Araguari.

Sabe-se que em virtude do crescimento urbano previsto para os próximos anos, o volume atual de captação não será suficiente para atender a previsão da demanda futura do número de habitantes do município.

O conhecimento da qualidade da água e do sedimento dos reservatórios de Miranda e Nova Ponte é de grande valia para a região e promoverá a identificação da situação atual do recurso hídrico a ser utilizado como fonte de abastecimento e, conseqüentemente, promoverá dados que propiciem ações atuais e futuras, possibilitando, portanto, melhor gerenciamento do recurso natural água.

Observa-se que são poucas as pesquisas com esta temática, na área de estudo proposta, e que as mesmas não são muito divulgadas.

Espera-se que este trabalho de pesquisa proporcione vários outros estudos na região e gere dados que possam contribuir para as ações de planejamento ambiental.

A hipótese desta pesquisa é a de que a avaliação da qualidade da água e dos sedimentos dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda propicia a verificação das condições ambientais do meio aquático e o reflexo das ações antrópicas no mesmo.

Neste contexto, propõe-se como objetivo principal deste trabalho avaliar a qualidade da água e dos sedimentos dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, situados na bacia hidrográfica do rio Araguari em Minas Gerais.

A análise das características físicas, químicas e biológicas da água e sedimentos, além de ser importante para o conhecimento qualitativo, permite a adoção de medidas preventivas e corretivas, caso seja necessário, no sentido de minimizar os possíveis impactos gerados pela ação antrópica.

A avaliação temporal e espacial da qualidade da água e dos sedimentos de fundo dos reservatórios de Nova Ponte e Miranda é de suma importância, pois promoverá o conhecimento da situação atual do recurso hídrico em relação aos seus usos e impactos na área de pesquisa estudada, além de gerar informações as quais podem ser utilizadas como elementos auxiliares para as ações de planejamento e gestão ambiental na região.

2 OBJETIVOS

2.1 Principal

Avaliar a qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, em Minas Gerais.

2.2 Específicos

Caracterizar e mapear as bacias de contribuição direta dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Miranda e Nova Ponte quanto ao uso da terra e à cobertura vegetal;

Avaliar temporal e espacialmente as características físicas, químicas e biológicas das águas, e físicas e químicas dos sedimentos de fundo;

Caracterizar a influência do uso e ocupação da terra na qualidade da água e dos sedimentos de fundo;

Avaliar e discutir sobre as dificuldades do enquadramento da água em classes, em razão da variabilidade espaço-temporal de sua qualidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Avaliação da qualidade da água

3.1.1 Importância da água

Desde a origem da vida no planeta Terra, a água sempre foi uma substância essencial à vida. Toda forma de vida depende da água para sua sobrevivência e seu desenvolvimento. Mesmos os organismos que vivem em deserto, formas de vida muito primitivas que depositam seus sacos ovíferos em cistos para resistir à dessecação, dependem da água para a continuidade da espécie, pois os ovos só eclodem quando há água. A água nutre a agricultura, as florestas, pastagens, mantém a biodiversidade, os ciclos no planeta e produz paisagens de grande variada beleza (TUNDISI, J. G., 2005).

A história do uso da água pelo homem é complexa e está diretamente relacionada ao crescimento demográfico, ao estágio de desenvolvimento das sociedades, ao grau de urbanização e aos usos múltiplos que influenciam na sua quantidade e qualidade. Esta história, seus usos e contaminações também estão diretamente relacionados à saúde humana, pois muitas doenças que afetam a humanidade têm veiculação hídrica, causadas por organismos que se desenvolvem na água ou que têm parte do seu ciclo de vida em vetores que crescem nos sistemas aquáticos (TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M., 2005).

A água, na biosfera, transita em um ciclo denominado ciclo hidrológico. Este ciclo constitui, basicamente, em um processo contínuo de transferência de massas d'água do oceano para a atmosfera e desta, por intermédio de precipitações, escoamento (superficial e subterrâneo) novamente ao oceano (ESTEVES, 1998).

Conforme preconizou Righetto (1998), a radiação solar é a fonte de energia que promove o aquecimento dos oceanos e continentes, portanto, responsável pela movimentação ascensional da água, por meio dos processos de evaporação, convecção vertical das massas de ar e, conseqüentemente, pelo processo de condensação do vapor d'água. Este autor explanou que, pela ação gravitacional, obtêm-se as precipitações, escoamentos superficiais e percolação das águas subterrâneas.

A velocidade de transferência da água no ciclo hidrológico nunca foi constante na história evolutiva do nosso planeta, ou seja, varia de uma era geológica para outra, assim como a proporção entre as águas doces e águas oceânicas. Toda a história da vida no planeta

está relacionada ao ciclo hidrológico. Sua intensidade nas diferentes regiões está relacionada com a distribuição e disponibilidade da água. A constante transferência da água, de uma porção do ciclo para outra, restitui as quantidades de água e também a sua qualidade. A quantidade de água que passa do estado líquido para o gasoso, assim como aquela que se acumula no estado sólido nas calotas polares não é infinita. O ciclo renova, periodicamente, a mesma quantidade de vapor d'água na atmosfera e de água líquida. O aumento intenso de demanda pelo consumo humano diminui, portanto, a disponibilidade de água líquida e restringe os usos múltiplos, a expansão econômica e a qualidade de vida (TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M., 2005).

Com o início da Revolução Industrial, em meados do século 19, iniciou-se uma grande alteração no ciclo hidrológico. Desde então, as quantidades e qualidades de água nas várias regiões do planeta Terra vêm sendo afetadas. Essas mudanças são decorrentes do aumento do uso, aos impactos em zonas rurais e urbanas e à manipulação de rios, canais e áreas alagadas do planeta, em larga escala. Os principais impactos relacionados à água resultam do desmatamento acelerado, uso excessivo do solo para atividades agrícolas, urbanização acelerada e industrializada. (TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M., 2005).

3.1.2 Uso múltiplo da água – Geração de energia elétrica

Entre os usos múltiplos da água no Brasil, a produção de hidroeletricidade é uma das atividades que utilizam o potencial hídrico de forma bastante intensiva. No país, a maior parte da energia produzida provém das grandes usinas hidrelétricas. Os lagos formados pelas barragens artificiais destas usinas, dada à possibilidade dos usos múltiplos, têm grande importância econômica e social, entre elas, o abastecimento rural e urbano, aquicultura, irrigação, recreação e geração de energia elétrica. No entanto, a construção dos grandes empreendimentos hidrelétricos modifica toda a relação local entre o corpo de água e meio ambiente, afetando, conseqüentemente, a qualidade da água (SILVA, W. M., 1998).

No Brasil, devido à necessidade do fornecimento de energia elétrica para o desenvolvimento industrial e econômico, foram construídas inúmeras barragens. A construção dessas barragens resultou na formação de um grande número de ecossistemas lacustres artificiais. Atualmente, constata-se que muitos rios brasileiros tiveram grande parte do seu curso segmentado em represas, ou seja, transformados em lagos artificiais. Este fato é mais evidente no Estado de São Paulo, notadamente nos rios Grande e Tietê. Somente neste Estado

existem mais de 55 represas de médio e grande porte que cobrem uma área de aproximadamente 5.500 km² (ESTEVEZ, 1998).

As principais bacias hidrográficas do Brasil são caracterizadas pela construção de barragens e formação de reservatórios, os quais isoladamente ou em cascata constituem um importante impacto qualitativo e quantitativo nos principais ecossistemas de águas interiores. Em relação à morfometria, existe uma variabilidade, mas na maioria dos reservatórios o padrão dendrítico predomina, com muitos compartimentos, o que influencia e dificulta o estudo, a amostragem e o manejo destes reservatórios. Os tributários principais contribuem como fontes de material dissolvido e particulado, produzindo grande variedade espacial. A essa variabilidade espacial sobrepõe-se uma variabilidade temporal, produto das alterações climatológicas, principalmente pela precipitação e ventos, sistema operacional das represas em função do seu uso (REBOUÇAS et al., 2006).

3.1.3 Índice de Qualidade das Águas - IQA

O intenso uso da água e a consequente poluição dos corpos de água contribuem para agravar sua escassez, gerando, como consequência, a necessidade crescente do acompanhamento das alterações de qualidade da água. Informações sobre a evolução da qualidade da água são necessárias, pois elas identificam a situação dos corpos hídricos em relação às atividades antrópicas na bacia hidrográfica. A avaliação espacial e temporal da qualidade da água, o monitoramento, a elaboração de um banco de dados, a aplicação de modelos ecológicos e matemáticos são elementos importantes no suporte à decisão para as ações de gestão ambiental. A informação é a base que garante a qualidade da decisão, inclusive como forma de diminuir a incerteza e de garantir a sustentabilidade dos sistemas (REBOUÇAS et al., 2006).

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é um exemplo de modelo matemático utilizado por alguns órgãos fiscalizadores para a avaliação da qualidade da água.

No Brasil, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) do Estado de São Paulo, a partir de um estudo realizado em 1970 pela "*National Sanitation Foundation*" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu o IQA, que vem sendo utilizado desde 1975 pela mencionada companhia. Este modelo matemático incorpora nove (9) parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para o abastecimento público. Desde 2002, a

CETESB utiliza índices específicos para cada uso do recurso hídrico, a saber: Índice de Qualidade de águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Preservação da Vida Aquática (IVA) (CETESB, 2013).

Em Minas Gerais, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), por meio do projeto Água de Minas, desde 1997, realiza a avaliação da qualidade da água das bacias hidrográficas do Estado, entre elas a bacia do rio Araguari (Figura 1).

Ao todo, são aproximadamente 600 estações de monitoramento de qualidade da água nas bacias hidrográficas de Minas Gerais. Dentre estas estações, 57 estão localizadas nas Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH), bacia do Rio Dourados - PN1, bacia do Rio Araguari - PN2 e bacia dos afluentes mineiros do baixo Paranaíba – PN3, correspondentes à bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

De acordo com o último mapeamento sobre o IQA no ano de 2012, observa-se que os índices encontrados na bacia do rio Araguari (Bacia do Rio Paranaíba, UPGRHs PN1, PN2 e PN3) oscilam entre os indicadores “Ruim” ($25 < \text{IQA} \leq 50$), “Médio” ($50 < \text{IQA} \leq 70$) e “Bom” ($70 < \text{IQA} \leq 90$), conforme escala de ponderação adotada pelo IGAM.

Avaliando o mapeamento, nota-se ainda que nenhum dos pontos de amostragem apresentou o índice de qualidade “Excelente” ($90 < \text{IQA} \leq 100$), demonstrando a importância de ações corretivas e preventivas que consigam restabelecer e manter a qualidade das águas nos cursos d’água desta região.

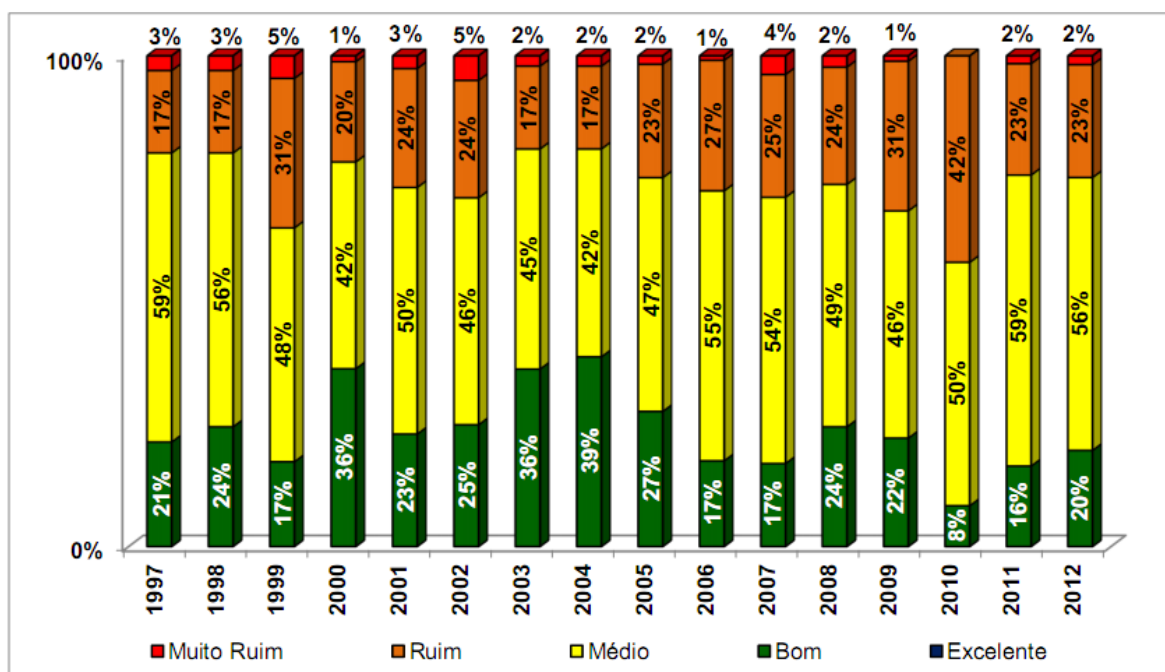


Fonte: IGAM (2013).

Nas avaliações do IGAM (2013), considerando a frequência de ocorrência do IQA no quarto (4º) trimestre de 2012 (Figura 2), verificou-se a predominância da condição de qualidade Média (56%) nas águas do Estado de Minas Gerais, havendo assim diminuição se comparado ao mesmo período de 2011 (59%). As ocorrências de IQA “Bom” aumentaram de 16% em 2011 para 20% no mesmo período de 2012. As ocorrências de IQA “Ruim” e “Muito Ruim” permaneceram com o mesmo percentual do ano anterior (23% e 2%, respectivamente).

O IQA “Excelente” não foi observado em nenhum dos corpos de água monitorados no Estado de Minas Gerais, desde ao ano de 1997 até o ano de 2012.

FIGURA 2 – Frequência do Índice de Qualidade das Águas superficiais no estado de Minas Gerais.



Fonte: IGAM (2013).

Ao observar as estações de coleta de amostras ao longo do rio Araguari, monitoradas pelo IGAM, nota-se que não existem pontos de amostragem localizados nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda. As estações de coleta utilizadas pelo IGAM para verificação da qualidade da água no rio Araguari estão localizadas a montante dos lagos formados pelas usinas, nos afluentes principais. Dessa forma, a qualidade da água dos reservatórios não foi avaliada pelo órgão gestor de recursos hídricos.

Neste sentido, o trabalho desenvolvido contribui com a apresentação de dados de qualidade da água e de sedimentos em pontos de amostragens localizados dentro dos

reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, possibilitando verificar a situação da água e dos sedimentos dos mesmos.

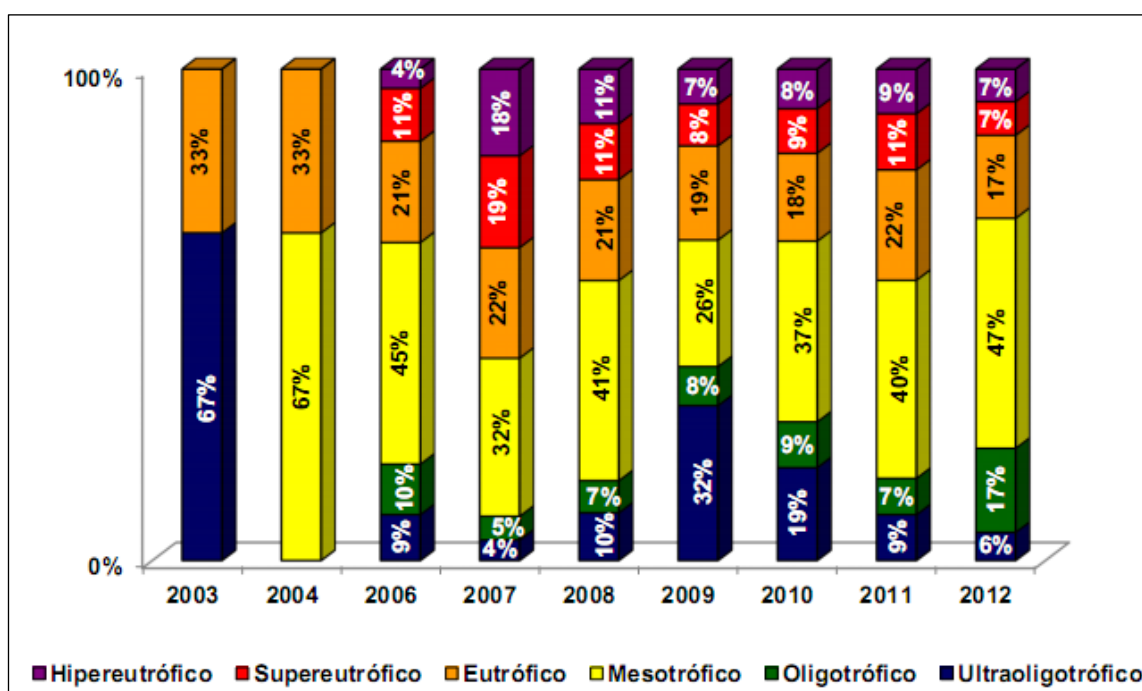
3.1.4 Índice de estado Trófico - IET

De acordo com o IGAM (2013), as estações de monitoramento do estado de Minas Gerais apresentaram, no quarto trimestre de 2012, o predomínio de condições mesotróficas em 47 % dos corpos d'água avaliados (Figura 3).

Observa-se que as condições oligotróficas e ultraoligotróficas, indicativas de corpos de água com menor grau de trofia, apresentaram, quando somados, um aumento das frequências de ocorrência no período do quarto semestre, passando de 16 % em 2011 para 23 % em 2012.

Quanto às condições que indicam corpos de água favoráveis ao crescimento de algas, denominadas Hipereutrófica, Supereutrófica e Eutrófica, nota-se a diminuição das frequências de ocorrências, que, quando somados, passaram de 43 % em 2011 para 30 % em 2012.

FIGURA 3 – Frequência do Índice de Estado Trófico no estado de Minas Gerais.



Fonte: IGAM (2013).

3.2 Avaliação da qualidade dos sedimentos

3.2.1 A importância da avaliação dos sedimentos de fundo

Além das características de qualidade da água, é importante avaliar também os sedimentos de fundo de um determinado corpo hídrico superficial.

O sedimento pode ser considerado um dos mais importantes compartimentos dos ecossistemas aquáticos continentais, visto que é o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático e do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia (ESTEVES, 1998).

São camadas constituídas por fragmentos minerais e de matéria orgânica, de granulometria variável, que se encontram na parte inferior dos ecossistemas aquáticos como os rios, lagos e oceanos.

As condições naturais do curso d'água são modificadas pela construção de uma barragem e a formação do seu reservatório. As barragens geram uma redução das velocidades da corrente, provocando a deposição gradual dos sedimentos carregados pelo curso d'água, ocasionando o assoreamento, diminuindo gradativamente a capacidade de armazenamento do reservatório e podendo inviabilizar a operação do aproveitamento, além de ocasionar problemas ambientais de diversas naturezas (CARVALHO, et al, 2000).

Esta matriz ambiental é significativa nos ecossistemas aquáticos, principalmente no que se refere à ciclagem de matéria e fluxo de energia, visto que é neste compartimento que ocorrem processos que influenciam em todo o metabolismo do sistema, além de acumularem diversos tipos de contaminantes que podem ser transferidos para outras regiões. Servem também como substrato e como *habitat* para diversos organismos, desde bactérias e fungos até macroinvertebrados, moluscos e alguns peixes. São utilizados para rastrear fontes de contaminação e monitorar contaminantes (SENAI, 2012).

A composição do sedimento consiste em uma mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas provenientes de diversos locais. A caracterização da granulometria e o teor de matéria orgânica são essenciais para os estudos de contaminação, visto que o tamanho das partículas e sua composição química são fatores que influenciam em um maior ou menor acúmulo de contaminantes. Os sedimentos com granulometria mais fina (argila) apresentam uma grande capacidade de reter os contaminantes e nutrientes, devido à existência de alguns minerais que possuem alta Capacidade de Troca de Cátions (CTC), diferentemente dos

sedimentos que possuem predominância arenosa e que possuem pouca tendência em absorver contaminantes metálicos e orgânicos (BRAGA, 2005).

Segundo Esteves (1998), as camadas dos sedimentos se distinguem em duas, a recente ou biológica e a permanente. A camada recente é constituída em maior parte pela matéria orgânica, está em contato direto com a coluna d'água e é mais biologicamente mais ativa. A camada permanente está abaixo da biológica, possui baixo teor de matéria orgânica e se apresenta em anaerobiose.

Ainda segundo Esteves (1998), o sedimento é o compartimento lacustre onde se depositam todos os compostos e estruturas de animais e vegetais que não foram decompostos. Desta maneira, as camadas de sedimentos, contendo compostos químicos e estruturas biológicas vão se formando ao longo da evolução de um sistema aquático, representando as diferentes fases de sua formação. O sedimento lacustre é, portanto, um banco de dados para o estudo sobre o ecossistema aquático.

Os estudos de sedimentos são extremamente valiosos para indicar o estado de contaminação de um corpo de água, sobretudo para metais pesados e poluentes orgânicos hidrofóbicos, como pesticidas clorados e Bifelino Policlorados (PCBs). Estas espécies químicas possuem uma marcada tendência a serem adsorvidas pelas partículas em suspensão, as quais quando precipitam, promovem sua transferência das águas superficiais para os sedimentos de fundo. Uma vez precipitado, o sedimento não armazena de forma irreversível as espécies químicas que contém, mantendo-as isoladas da coluna d'água. Estas podem ser liberadas e retornar a participar das interações físicas, químicas e biológicas do meio. Os sedimentos estão, portanto, intrinsecamente ligados à qualidade da água e pode-se inferir que estes dois compartimentos deveriam ser considerados para se caracterizar mais apropriadamente o ambiente aquático (CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA - CENA, 2013).

3.2.2 Atividades que influenciam na qualidade dos sedimentos de fundo

As atividades antropogênicas vêm causando a contaminação de ecossistemas aquáticos com o aumento dos níveis de substâncias de diversas naturezas, a exemplo de metais, detergentes, dentre outras. Os resíduos urbanos, por sua vez, são fontes de elementos que quando emitidos nos recursos hídricos ou no solo se associam ao material particulado presente nestes meios. Os íons metálicos e contaminantes orgânicos hidrofóbicos, ao se associarem aos

particulados orgânicos suspensos na água, decantam-se no fundo do corpo aquático. Essas substâncias, em geral, podem contaminar novamente a coluna d'água por dessorção das substâncias químicas em virtude de variações bióticas e abióticas. Os organismos bentônicos também podem, através de sua atividade no sedimento, tornar disponíveis novamente para a coluna de água, os poluentes (SENAI, 2012).

A ocorrência de variações nas características físicas e químicas do meio aquoso/sedimento (pH, salinidade, moléculas orgânicas, entre outras) pode liberar um poluente incorporado ao sedimento. Portanto, mudanças nas condições ambientais, tais como as provocadas por dragagens, podem transformar os sedimentos em fontes de contaminação do corpo d'água e estas alterações físicas no meio, naturais ou não, interferem sobremaneira no grau de contaminação da região (BRAGA, 2005).

Sabe-se que os principais e mais comuns contaminantes encontrados no sedimento em virtude de atividades antropogênicas são: nutrientes (fósforo, amônia, nitratos), compostos orgânicos (petróleo e seus derivados, óleos e graxas), hidrocarbonetos halogenados ou orgânicos persistentes (DDT, PCB's) e metais (ferro, manganês, zinco, cádmio).

No Brasil, não há legislação específica para sedimento, porém adota-se a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 454 de 01 de novembro de 2012, que se refere apenas ao material a ser dragado, ou seja, material a ser retirado do leito de um rio ou porto para melhorar a sua navegabilidade. Portanto, não existem no Brasil até o momento, Valores Guias de Qualidade de Sedimento (VGQS) reconhecidos e regulamentados por órgãos ambientais. Os estudos de qualidade de sedimento realizados pela CETESB utilizam os valores estabelecidos pelo "*Canadian Council of Ministers of the Environment*" (ENVIRONMENTAL CANADA, 2002) como critério de verificação dos níveis dos metais e compostos orgânicos presentes nos sedimentos.

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Localização

O rio Araguari, um rio que drena a porção oeste do estado de Minas Gerais, nasce na Serra da Canastra, passa pela região do Triângulo Mineiro no sentido sudeste - noroeste e deságua no rio Paranaíba na divisa com o estado de Goiás.

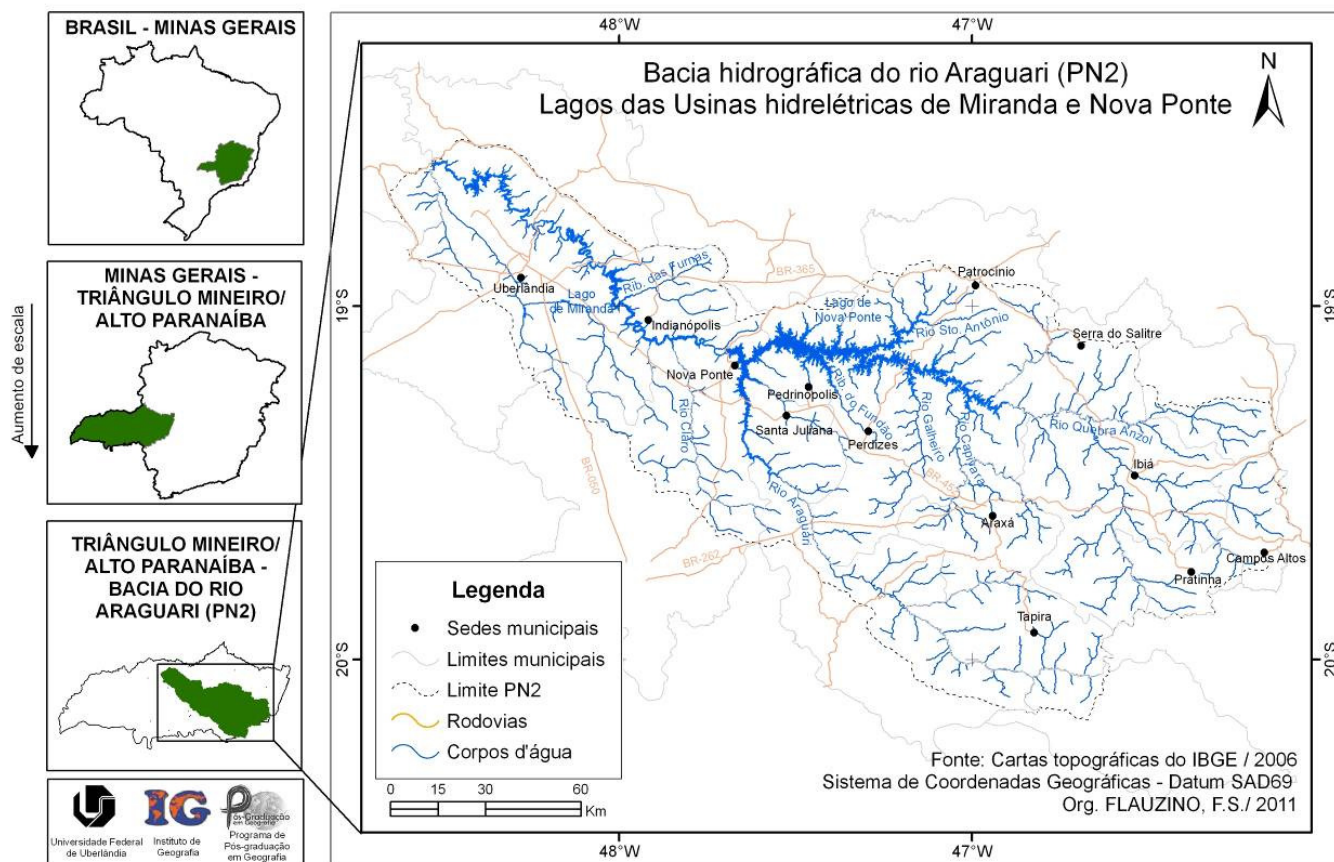
Devido à conformação do relevo regional, este rio apresenta potencial para geração de energia elétrica. Cinco projetos de aproveitamento hidrelétrico foram construídos ao longo de seu curso, todos operados pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG): Nova Ponte – localizada no alto curso; Miranda, Amador Aguiar I (Capim Branco I) e Amador Aguiar II (Capim Branco II) – localizadas, respectivamente, no médio - baixo curso do rio Araguari. O reservatório da usina de Nova Ponte, além de gerar energia elétrica, tem a função de regularizar a vazão do rio Araguari, viabilizando assim a operação das demais usinas. Além destas usinas, existem outras duas de pequeno porte, localizadas, respectivamente, nos municípios de Perdizes e Santa Juliana: a Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Cachoeira dos Macacos, próxima a Araxá e a PCH Pai Joaquim no município de Santa Juliana.

A Usina Hidrelétrica de Nova Ponte foi construída no curso do rio Araguari, porém o corpo d'água principal do lago é formado pelo rio Quebra Anzol, afluente do rio Araguari. Localiza-se nas coordenadas geográficas 19° 10' S e 47° 30' W do meridiano de Greenwich, abrangendo os municípios de Araxá, Nova Ponte, Santa Juliana, Pedrinópolis e Perdizes, ocupando uma área de 443 km². Começou a operar em 1994 com uma potência instalada de 510 megawatts (MW) e um volume de 12,8 bilhões de metros cúbicos de água. (SILVA, 1998).

A Usina Hidrelétrica de Miranda localiza-se entre as coordenadas geográficas 18° 50' a 19° 10'S e 48° 05'W do meridiano de Greenwich. Esta usina entrou em operação em 1998 com uma potência instalada de 390 megawatts (MW) e um volume de água de 1,12 bilhões de metros cúbicos. O trecho do rio Araguari atingido pela formação do reservatório de Miranda abrange uma área de 50,61 km² e extensão de 120 km, incluindo os municípios de Uberlândia, Indianópolis, Uberaba, Nova Ponte e Araguari. (IESA, 1997).

Assim sendo, as áreas das bacias de contribuição direta dos lagos das Usinas Hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda ocupam, respectivamente, as porções do alto curso do rio Quebra Anzol e a porção do médio-baixo curso do Rio Araguari, a jusante da confluência deste com o Rio Quebra Anzol (Figura 4).

FIGURA 4 – Localização da área de pesquisa.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Estas áreas se inserem numa região dinâmica economicamente onde estão localizados os principais centros urbanos regionais, tais como: Uberlândia, Uberaba e Araguari. As suas áreas de influência dispõem de uma infraestrutura econômica relativamente bem desenvolvida.

4.2 Caracterização da área

4.2.1 Clima

Com base na classificação de Köppen-Geiger (1936 apud IESA, 1997, p. 4), adotada universalmente e adaptada ao Brasil, o clima regional se caracteriza pelo regime tropical, com período de seca entre os meses de abril e setembro e de chuva entre os meses de outubro e março. A precipitação anual é de cerca de 1.350 mm/ano. O predomínio da massa de ar Equatorial Continental, entre os meses de novembro a abril, é responsável pelas chuvas abundantes que representam cerca de 40% da pluviosidade média anual, concentradas nos

meses de dezembro a janeiro. Entre maio e outubro, prevalecem as massas de ar Tropical Atlântica e Continental, que se distinguem por tempo bom, com baixa nebulosidade, ocasionando escassez de chuva. A temperatura média do mês mais frio e mais quente do ano situa-se em torno de 18°C em julho e 24°C em janeiro, respectivamente. Os ventos apresentam uma velocidade média entre 2 e 3 m/s, provenientes principalmente do leste.

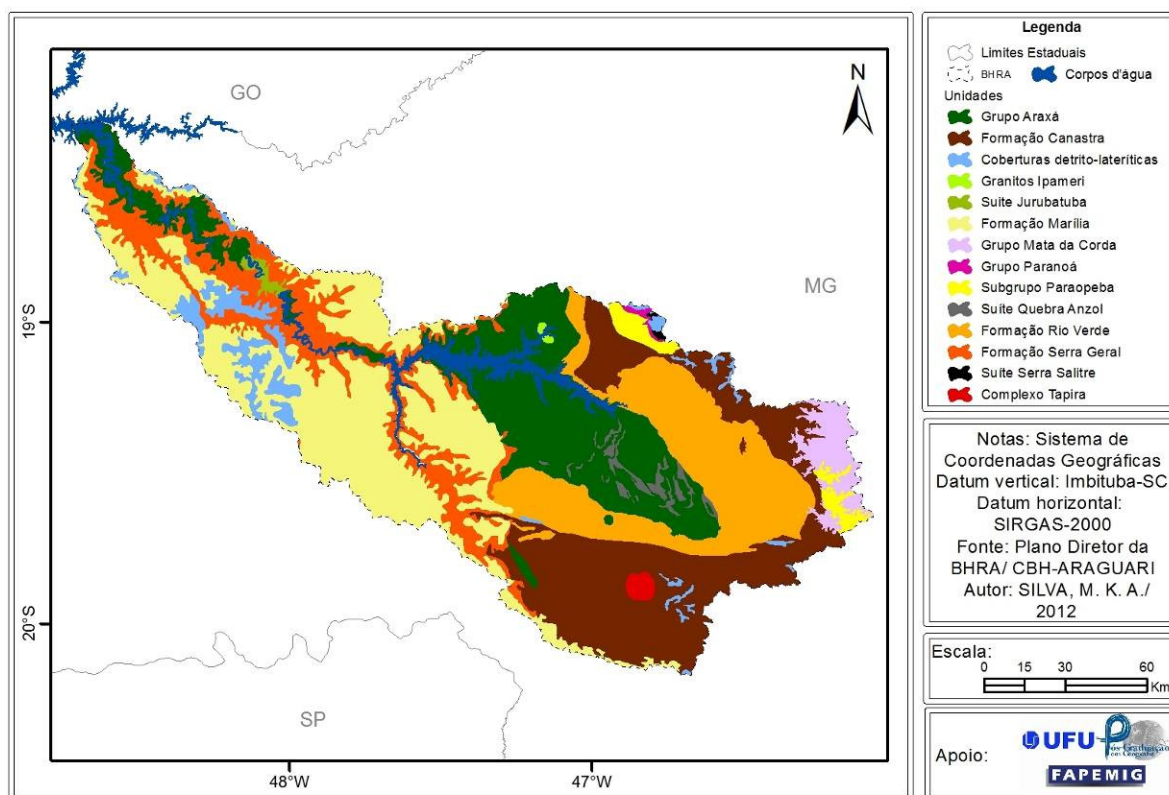
4.2.2 Geologia

A geologia da região, segundo o mapeamento realizado pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), é marcada pelos tipos litológicos compostos por rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, pertencentes aos Grupos Bauru e São Bento. As litologias sedimentares do Grupo Bauru são caracterizadas, predominantemente, como arenitos, calcários do tipo calcrete e conglomerados, de idade Cretácica, pertencentes às formações Marília e Adamantina. O grupo São Bento é representado pelos basaltos Juro-Cretácicos da Formação Serra Geral e arenitos eólicos da Formação Botucatu, de idade Triássico-Jurássico.

O conjunto litológico da Bacia Sedimentar do Paraná encontra-se assentado em rochas metassedimentares do Grupo Araxá e metamorfitos do embasamento arqueano. (NISHIYAMA, 1989).

A Figura 5 a seguir caracteriza as estruturas geoestruturais da bacia hidrográfica do rio Araguari, onde estão localizadas as bacias de contribuição direta dos lagos de Nova Ponte e de Miranda.

FIGURA 5 – Geologia da bacia hidrográfica do rio Araguari.



Fonte: SILVA, M. K. A. (2014).

4.2.3 Geomorfologia

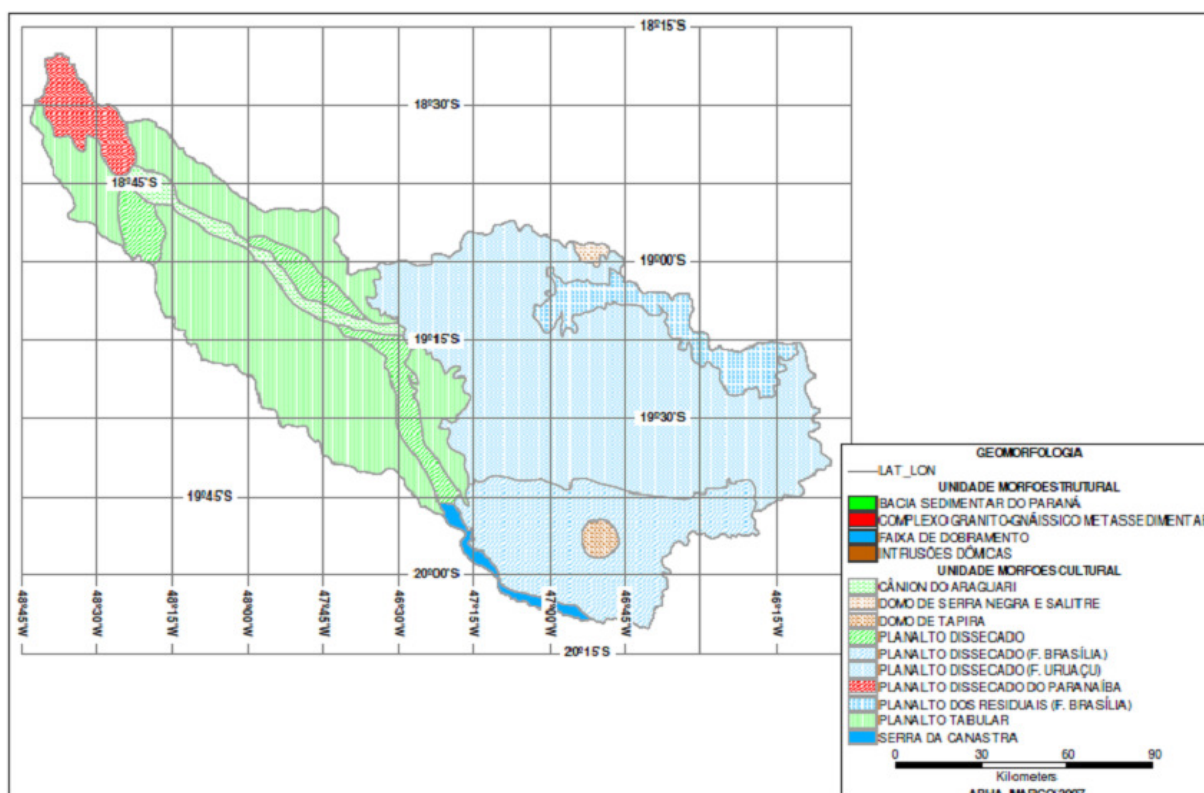
A área em estudo encontra-se inserida na unidade morfoestrutural de Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro da subunidade morfoescultural do Planalto Setentrional da Bacia do Paraná. Dentre as unidades morfológicas presentes na bacia, destacam-se: as formas estruturais representadas, predominantemente, pelas unidades de superfície erosiva tabular; as formas de dissecação do relevo, abrangendo as formas aguçadas (a), convexas (c) e tabulares (t); e, por fim, as formas de acumulação que se caracterizam, especialmente, pelas planícies fluviais. (BRASIL, 1983).

Baccaro (1991) identificou na bacia do Rio Araguari cinco grandes compartimentos, aos quais denominou “unidades morfoestruturais”, a saber: Complexo Granito-Gnáissico, Bacia Sedimentar do Paraná, Faixa de Dobramento, Intrusões Dômicas e Bacia Sedimentar Cenozoica. Assim sendo, a área estudada está compreendida na unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizada pela unidade morfoescultural Canyon do Araguari.

Conforme Baccaro (1991), a unidade morfoescultural Canyon está presente a partir do baixo curso do rio Araguari, próximo à Unidade Planalto Dissecado do Paranaíba, e estende-se até o lago da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte, na parte central da bacia, ocupando uma faixa estreita ao longo do vale e apresentando relevo muito dissecado e de exuberante beleza. As vertentes são fortemente dissecadas, com feições côncavas, convexas e retilíneas.

A Figura 6, a seguir, caracteriza as unidades morfoestruturais da bacia hidrográfica do rio Araguari, onde estão localizadas as bacias de contribuição direta dos lagos de Nova Ponte e de Miranda.

FIGURA 6– Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Araguari



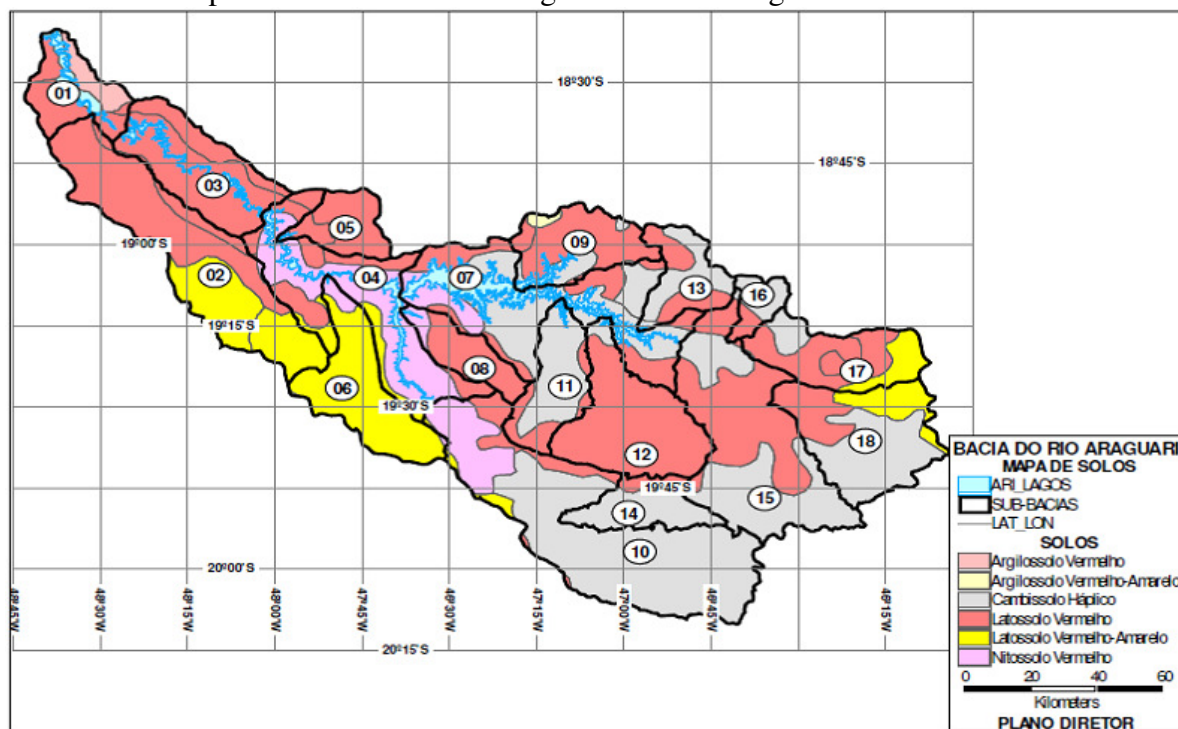
Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio Araguari (2011).

4.2.4 Solos

As características pedológicas da região, por sua vez, são identificadas de acordo com ROSA et al (2004, p.69). A partir deste estudo, seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da (EMBRAPA, 1999), as maiores ocorrências de classes de solo, na área de estudo, estão relacionadas aos seguintes tipos: Latossolo Vermelho, Latossolo

Vermelho Amarelo, Nitossolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo, Cambissolo, Gleissolo e Neossolo (Figura 7).

FIGURA 7 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Araguari.



*Sub-bacias: 1 – Foz do rio Araguari; 2 – Rio Uberabinha; 3 – Áreas das Hidrelétricas de Capim Branco; 4 – Médio Rio Araguari; 5 – Ribeirão das Furnas; 6 – Rio Claro; 7 – Baixo Quebra-Anzol; 8 – Ribeirão Santa Juliana; 9 – Ribeirão Santo Antônio; 10 – Alto Rio Araguari; 11 – Rio Galheiro; 12 – Rio Capivara; 13 – Ribeirão do Salitre; 14 – Ribeirão do Inferno; 15 – Alto Quebra Anzol; 16 – Ribeirão Grande; 17 – Rio São João; 18 – Rio Misericórdia.

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio Araguari (2011).

4.2.5 Cobertura vegetal natural

A cobertura vegetal natural predominante, segundo o levantamento dos remanescentes do Bioma Cerrado (PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BRASILEIRA - PROBIO, 2004) é composta por Savana (Cerrado), Floresta Estacional Semidecidual e Áreas de Tensão Ecológica (Contato Savana-Floresta Estacional). A região em estudo compreende, predominantemente, as classes de Savana arbórea densa, Savana Arbórea aberta, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa, Floresta aluvial e Floresta submontana.

4.2.6 Aspectos sócio-econômicos

O censo do ano de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, indicou que a população dos municípios que abrangem a área estudada totalizou 1.025.068 habitantes (IBGE, 2010). Esta área se insere em uma região economicamente dinâmica, onde estão localizados os principais centros urbanos regionais do Triângulo Mineiro, tais como: Araxá, Uberlândia, Uberaba, Patrocínio e Araguari. A sua área de influência dispõe de uma infraestrutura econômica relativamente bem desenvolvida. A área de influência da usina de Miranda apresenta a economia mais complexa, diversificada e dinâmica da região. Concentra a maior parte das atividades industriais e terciárias regionais, além de dispor de uma agropecuária moderna, de elevados níveis de produção e produtividade. Os centros urbanos desta área concentram grande parte dos empreendimentos industriais, comerciais e de serviços regionais, destacando-se os municípios de Uberlândia, Uberaba e Araguari. Estes municípios são grandes centros regionais / estaduais, considerando as suas vantagens locais, ou seja, mercado de consumo, mão de obra, provisão adequada de serviços de apoio, entre outras.

4.2.7 Usos múltiplos da água na bacia

De acordo com estudo elaborado pela Gama Engenharia de Recursos Hídricos (2009), foram identificados e estimados, em função das outorgas concedidas pelo IGAM para consumo, captação e lançamento, seis (6) usos dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Araguari: Irrigação, 51%; Abastecimento, 22%; Indústria, 21%; Mineração, 1%; Criação Animal, 2%; Outros Usos, 3%.

Vale ressaltar que entre os outros usos está o lançamento de esgoto tratado e não tratado. A maioria das cidades localizadas na bacia hidrográfica possuem estações de tratamento de esgoto, com exceção das cidades de Santa Juliana e Indianópolis, as quais lançam no rio Araguari os seus esgotos não tratados.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Amostragens de água e sedimentos

5.1.1 Materiais utilizados

Para a realização das amostragens foram utilizados: canoa com motor de popa; *Global Positioning System* (GPS) *Garmin® GPSMAP 78S*; máquina fotográfica digital; termômetro digital Tipo Espeto Incoterm referência nº 6132, número de série 54430, calibrado pela Rede Brasileira de Calibração (RBC); oxímetro Digimed modelo DM4P, série 48523; pHmetro Digimed 2P, série 52311, calibrado pela RBC, certificado de calibração FQ – 2851/13/13; turbidímetro Digimed DM TU, série 48027; medidor multiparâmetro Hanna HI 9829, série 08487689/48158, certificado de calibração 18487689; unidade laboratório móvel; amostradores de água em profundidade e de sedimentos; disco de Secchi; poita para barco; frascos de polietileno e de vidro âmbar, caixas isotérmicas; gelo; detergente neutro para uso em laboratório; cordas graduadas (identificadas metro por metro); sacos plásticos estéreis; luvas cirúrgicas; água destilada; álcool 70%; frascos de vidro esmerilhados (oxigênio dissolvido); soluções de iodeto azida; sulfato manganoso, tiosulfato de sódio, ácidos sulfúrico 50% e nítrico 50%; fita adesiva para identificação das amostras, canetas e o mapa de localização dos pontos de amostragem; formulários de coleta de amostras, cadeia de custódia e plano de amostragem, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras – Água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. (CETESB, 2011).

5.1.1.1 Desenvolvimento do amostrador de sedimentos de fundo

Os sedimentos superficiais de fundo dos lagos de Miranda e Nova Ponte são compostos basicamente por areia, cascalho, argila e silte.

Verificou-se que as dragas poderiam atender a necessidade da pesquisa, de retirar sedimentos em altas profundidades, sem perda do material a ser destinado para a análise.

Segundo Mozeto (2006), as coletas de sedimentos superficiais são, usualmente, feitas com dragas manuais.

No entanto, é comum defeitos de fabricação das dragas que ocasionam a perda da camada superficial do material não consolidado.

A perda de camada superficial pode ocorrer também devido a extravasamentos da draga, quando em uma dada pegada, houver penetração exagerada da mesma na coluna sedimentar que é pouco consolidada (MOZETO, 2006, p.33).

Diante do exposto, buscou-se desenvolver um amostrador de sedimentos que possibilitasse a coleta de sedimentos superficiais de fundo, a profundidades de até 60 metros, sem a perda da amostra e ao mesmo tempo, inerte à mesma.

Sabe-se que a amostragem de sedimentos de fundo é realizada com o intuito de obter amostras que representem a natureza espaço-temporal do sedimento amostrado. Assim sendo, é de fundamental importância que a amostra seja integral e representativa, possibilitando resultados válidos, que condizem com a realidade do local amostrado.

Nesse sentido, verificaram-se os tipos e modelos de amostradores de sedimento de fundo principais, os quais têm sido reproduzidos ao longo do tempo em vários países.

As Tabelas 1, 2 e 3 a seguir apresentam a classificação dos amostradores de sedimentos, as principais características dos amostradores tipo draga, busca de fundo e de testemunhadores.

TABELA 1 – Classificação dos amostradores de sedimentos segundo as características de amostragem

Penetração no sedimento	Área amostrada	Classe do equipamento
Superficial	Não Pontual	Dragas de arrasto
	Pontual	Busca- fundos
Sub-superficial	Pontual	Caixa amostradora / testemunhadora

Fonte: Figueiredo, et al (2001).

TABELA 2 – Características principais dos amostradores de fundo tipo draga e busca de fundo

Equipamentos	Volume (litros)	Peso (kilos)	Limite Máximo de Profundidade (m)	Tipo de Sedimento
Draga Gibbs	1-5	2-20	200	Areia e lama
Draga Retangular	50	20	200	Areia e lama
Draga de Rocha	200	400	2000-3000	Rocha
Phipps	2	10	200	Areia e lama
Skoopfisch	0,075	15	200	Areia e lama
Dietz-La Fond	0,5-1	15	200-300	Areia e lama
Shipeck	3-5	20	300-400	Areia, lama e cascalho
Van Veen	30-40	40	500-800	Areia, lama e cascalho
Ekman	40	30	500-800	Areia, lama e cascalho
Amostrador caixa	100-300	300-1000	6000	Areia e lama
Amostrador multicaixa	10 x 10	500	6000	Areia e lama
Amostrador Multitestemunho	12 x 5	500	6000	Lama

Fonte: Figueiredo, et al (2001).

TABELA 3 – Características dos principais testemunhadores

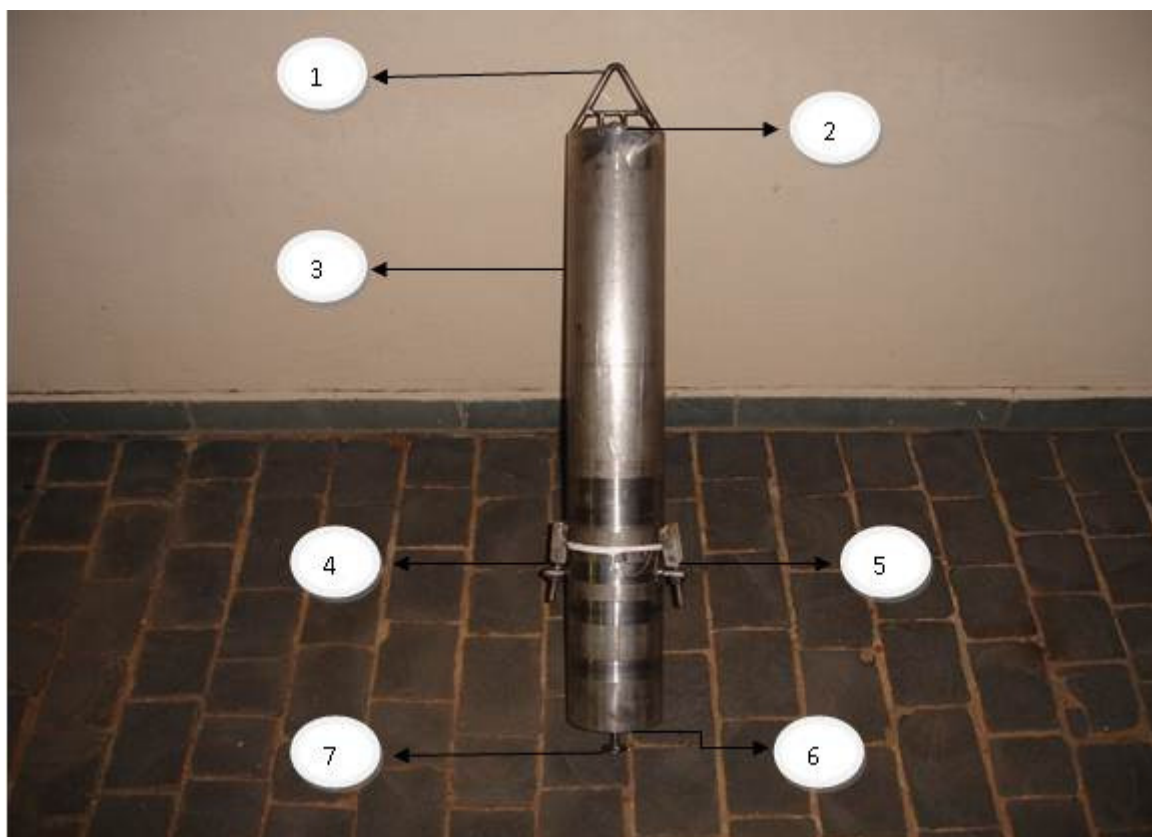
Equipamento	Comprimento(m)	Diâmetro(cm)	Peso(kilos)	Limite Máximo de Profundidade(m)	Tipo de Sedimento
Phleger	1-2	7,5	100	500	Areia e lama
Gravidade	3-20	7,5 ou 11	100-1000	6000	Areia e lama
Pistão	3-24	7,5 ou 11	1100	6000	Areia e lama
Vibrador	15	7,5	50	20	Areia e lama
Percussão	15	7,5	50	20	Cascalho, areia e lama

Fonte: Figueiredo, et al (2001).

Assim sendo, o amostrador foi desenvolvido e permitiu a retirada do sedimento sem a perda do material fino, a aproximadamente 30 centímetros de penetração na camada superficial do material sedimentado no fundo do lago.

O amostrador de sedimentos de fundo desenvolvido durante a presente pesquisa de tese de doutorado é apresentada na Figura 8, a seguir.

FIGURA 8 – Amostrador de sedimentos – Autor da foto: Fabrício Silvério Flauzino. Autor do projeto: João Flauzino de Oliveira - Data: Fevereiro de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 4– Legenda do amostrador de sedimentos

LEGENDA

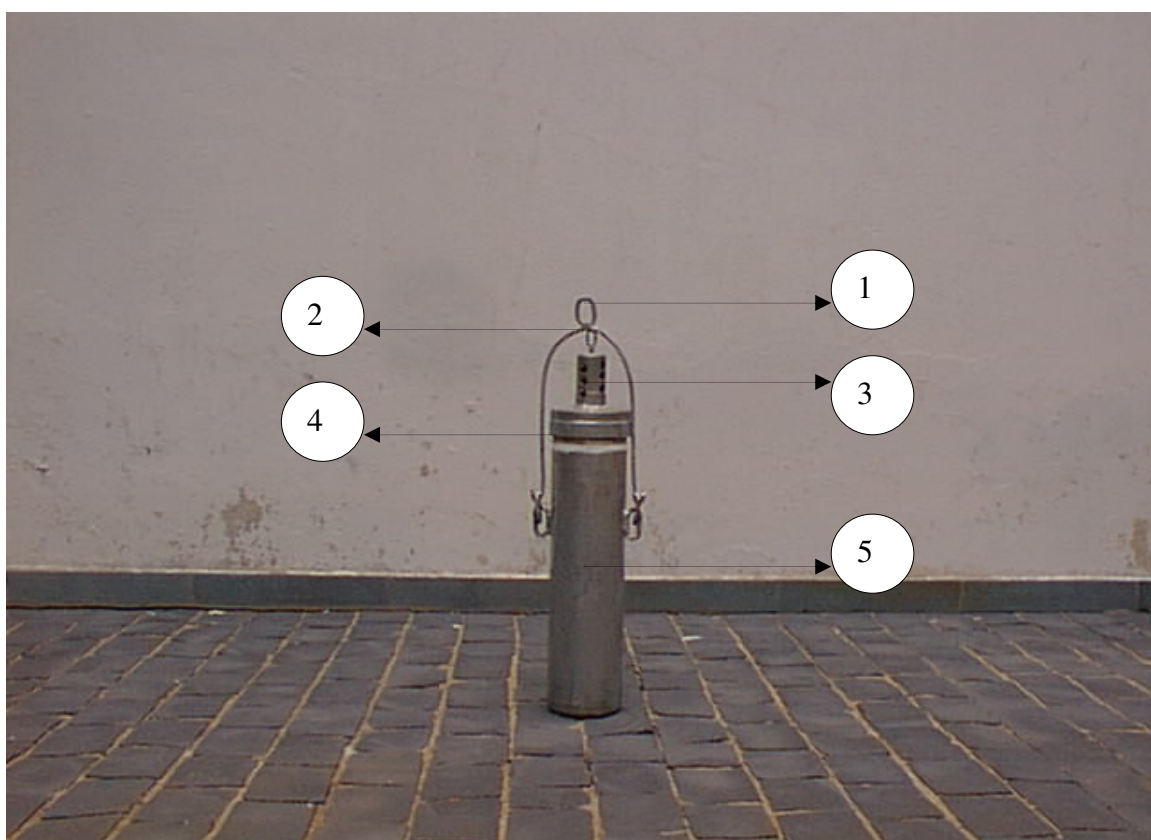
1 – Suporte de sustentação do amostrador (local para fixação da corda já identificada metro a metro)
2 – Válvula de gravidade
3 – Compartimento para armazenamento da amostra (sedimento)
4 - Parafuso para a retirada da amostra (sedimento) e acoplagem do corpo da válvula (sedimento)
5 – Parafuso para a retirada da amostra (sedimento) e acoplagem do corpo da válvula (sedimento)
6 – Orifício para a entrada da amostra (sedimento)
7 – Válvula para retenção da amostra (sedimento)

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

5.1.1.2 Amostrador de água em profundidade

A Figura 9 a seguir apresenta o coletor de amostras de água em grandes profundidades, desenvolvido com base na garrafa de Van Dorn, no ano de 2003, o qual foi utilizado no processo de coleta de amostras de água nos reservatórios de Nova Ponte e Miranda. (FLAUZINO, 2008).

FIGURA 9 – Amostrador de água para grandes profundidades – Autor da foto: Fabrício Silvério Flauzino. Autor do projeto: João Flauzino de Oliveira - Data: Setembro de 2003.



Fonte: Flauzino (2008, p. 61).

TABELA 5 – Legenda do amostrador de água para grandes profundidade

LEGENDA	
1	Suporte de sustentação do amostrador (local para fixação da corda já identificada metro a metro)
2	Suporte da válvula de entrada da amostra (água)
3	Orifício para a entrada da amostra (água)
4	Tampa para a retirada da amostra (água)
5	Local para o armazenamento da amostra (água)

Fonte: Flauzino (2008, p. 61).

5.1.1.3 Equipamentos utilizados para a realização dos ensaios de campo

A Figura 10 representa alguns equipamentos de campo utilizados nos procedimentos de amostragens da água e ensaios *in situ*.

FIGURA 10 – Equipamentos para análise em campo. Autor: Fabrício Silvério Flauzino - Data: 26 de março de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

5.1.2 Métodos e técnicas utilizados

Sabe-se que a caracterização de um ecossistema aquático é uma atividade bastante complexa devido à exigência de consideração e envolvimento de grande número de variáveis, entre elas, a considerar, a natureza das amostras, os usos múltiplos e preponderantes do corpo d'água, as áreas de influência e caracterização da área de estudo.

A etapa de amostragem tem grande importância nos processos de monitoramento e diagnóstico da qualidade ambiental, pois o material amostrado deve representar de forma real o local amostrado. A escolha criteriosa dos pontos de amostragem, em função dos objetivos da pesquisa, bem como a escolha de técnicas adequadas de coleta, preservação e transporte de amostras são primordiais para a confiabilidade e representatividade dos dados gerados (CETESB, 2011, p. 21).

Todas as ações de planejamento e execução das amostragens de águas e sedimentos foram realizadas com base no Guia Nacional de Coleta de Amostras – água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (CETESB, 2011).

Seguindo as orientações técnicas deste guia, o planejamento das amostragens se deu considerando inicialmente as características das áreas de influência direta dos lagos de Nova Ponte e Miranda, bem como as informações disponíveis sobre a qualidade e variabilidade espaço temporal das águas e dos sedimentos nestas áreas.

Posteriormente, baseado nas legislações brasileiras existentes a nível federal, que preconizam padrões e critérios para o monitoramento das águas e sedimentos, escolheram-se os parâmetros e o espaço de tempo em que os mesmos deveriam ser monitorados.

Após a seleção dos ensaios a serem realizados, buscaram-se empresas que poderiam realizar os serviços de análise com confiabilidade analítica e que atendessem as legislações vigentes para avaliação de água e sedimentos.

Em posse das informações obtidas dos prestadores de serviços de análises e com os recursos financeiros disponíveis para a realização do estudo, definiram-se as datas para as realizações das coletas de amostras e a logística a ser adotada, considerando as melhores formas de acondicionamento, preservação e prazo para a realização dos ensaios, de acordo com as orientações normativas do Guia Nacional de Coleta (2011) e do “*AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION*” – APHA (2012).

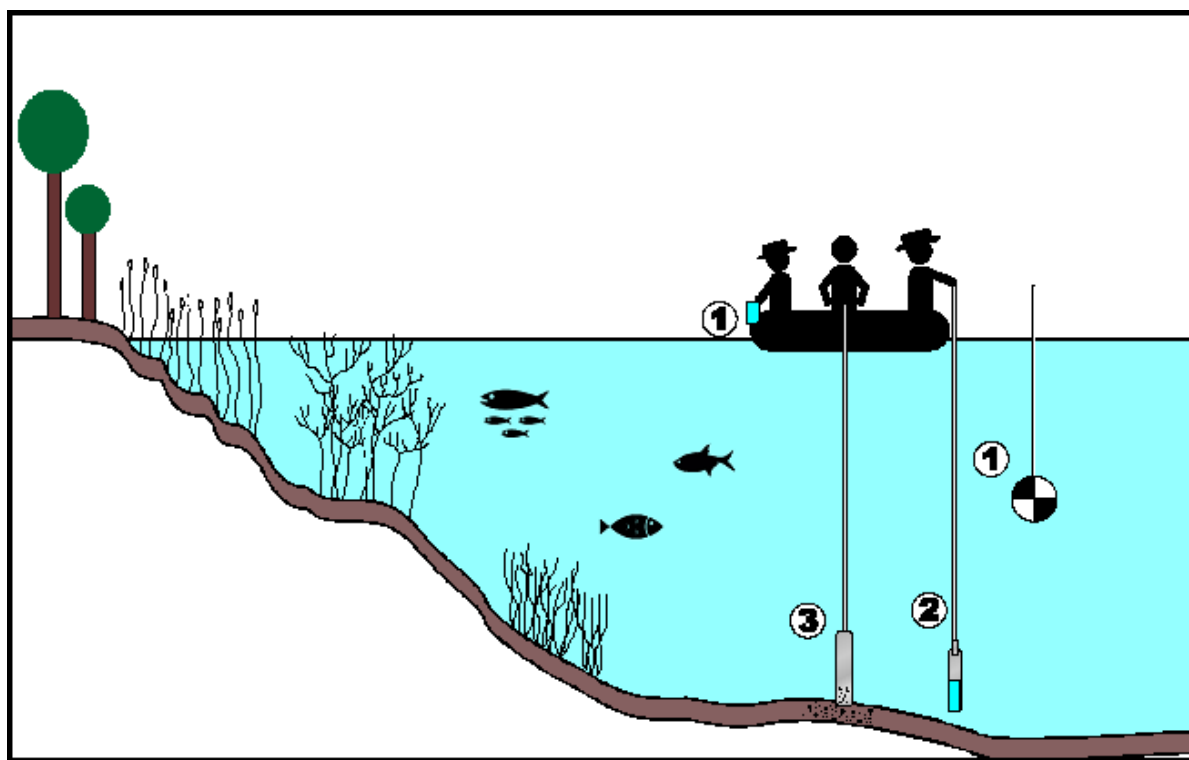
Vale ressaltar que foram pleiteados recursos, por meio de submissões de projetos junto a agências de fomento à pesquisa no Brasil, mas infelizmente não foram obtidos. Por isso, o volume e o tempo de monitoramento foram reduzidos.

Com base no exposto, distribuíram-se os pontos de amostragens em seções transversais ao longo dos lagos das usinas Hidrelétricas de Miranda e Nova Ponte de forma a obter amostras representativas de toda a extensão dos mesmos. Em cada seção, definiu-se como ponto de coleta das amostras o leito original do rio.

Para cada ponto verificou-se inicialmente a transparência da água e logo após realizou-se a coleta da água a aproximadamente 30 centímetros de profundidade. Em seguida, coletou-se a amostra a um metro acima do fundo do lago, no determinado ponto de amostragem, evitando assim a coleta e a interferência da interface água/sedimento. Posteriormente, realizou-se a amostragem do sedimento de fundo.

A Figura 11 a seguir mostra esquematicamente a forma em que foram realizadas as amostragens de águas e sedimentos nos lagos de Nova Ponte e Miranda.

FIGURA 11 – Representação esquemática dos procedimentos de amostragens de águas e sedimentos adotados: (1) disco de Secchi.; (2) amostragem da água em profundidade; (3) amostragem de sedimentos.



Fonte: Adaptado de Vasconcelos et al (2009, p. 141).

Deve-se ressaltar que a amostragem de água em dois níveis distintos possibilitou a verificação da qualidade da água em função de profundidade.

Além disso, a coleta de sedimentos no perfil de 30 centímetros da camada superficial do sedimento permitiu verificar a qualidade do sedimento naquele determinado momento.

Salienta-se ainda que a escolha das amostragens em água (superficial e em profundidade) e de sedimentos de fundo buscou a obtenção de resultados dos parâmetros físico, químicos e biológicos, os quais poderiam fundamentar a interpretação/correlação dos mesmos com as características físicas e o uso e ocupação das áreas de contribuição direta dos lagos das Usinas Hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda.

As Figuras 12, 13, 14, 15 e 16 a seguir mostram, respectivamente, o preparo do barco para a execução das amostragens, a retirada de amostra superficial para ensaios microbiológicos, a utilização do amostrador de água em profundidade, a utilização do amostrador de sedimentos e do analisador multiparâmetro.

FIGURA 12 – Preparação do barco para a realização das amostragens. Autor: Ivan Ferrari Couto – Data: 29 de março de 2013. Local: Lago de Nova Ponte, ponto nº 2- próximo à ponte sentido Perdizes-Patrocínio, Minas Gerais.



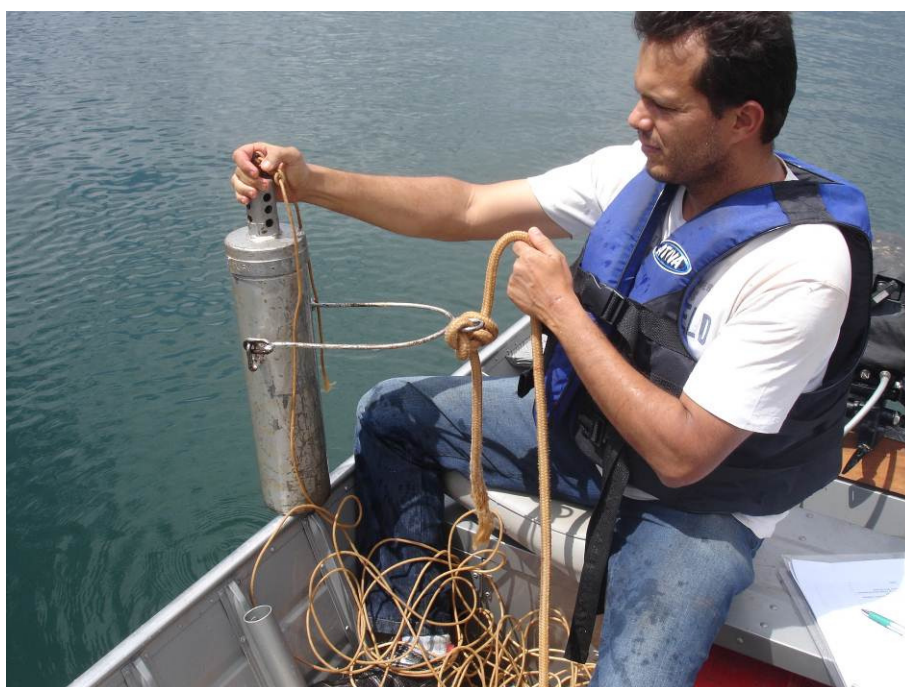
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 13 – Acondicionamento da amostra de água para ensaios microbiológicos. Autor: Pedro Henrique Nascimento – Data: 29 de março de 2013. Local: Lago de Miranda, ponto n° 8- próximo à barragem de Miranda.



Fonte: Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 14 – Amostragem de água com o amostrador de profundidade. Autor: Pedro Henrique Nascimento – Data: 15 de setembro de 2013. Local: Lago de Miranda, ponto n° 6- a jusante da cidade de Indianópolis, no lago da Usina Hidrelétrica de Miranda.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 15 – Realização de amostragem de sedimentos de fundo. Autor: Virgílio Rodovalho – Data: 13 de setembro de 2013. Local: Lago de Miranda, ponto n° 8— rio Araguari – próximo à barragem da Usina Hidrelétrica de Miranda.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 16 – Utilização do analisador multiparâmetro para a realização de medições de campo. Autor: Pedro Henrique Nascimento – Data: 15 de setembro de 2013. Local: Lago de Miranda, ponto n° 6 - a jusante da cidade de Indianópolis.

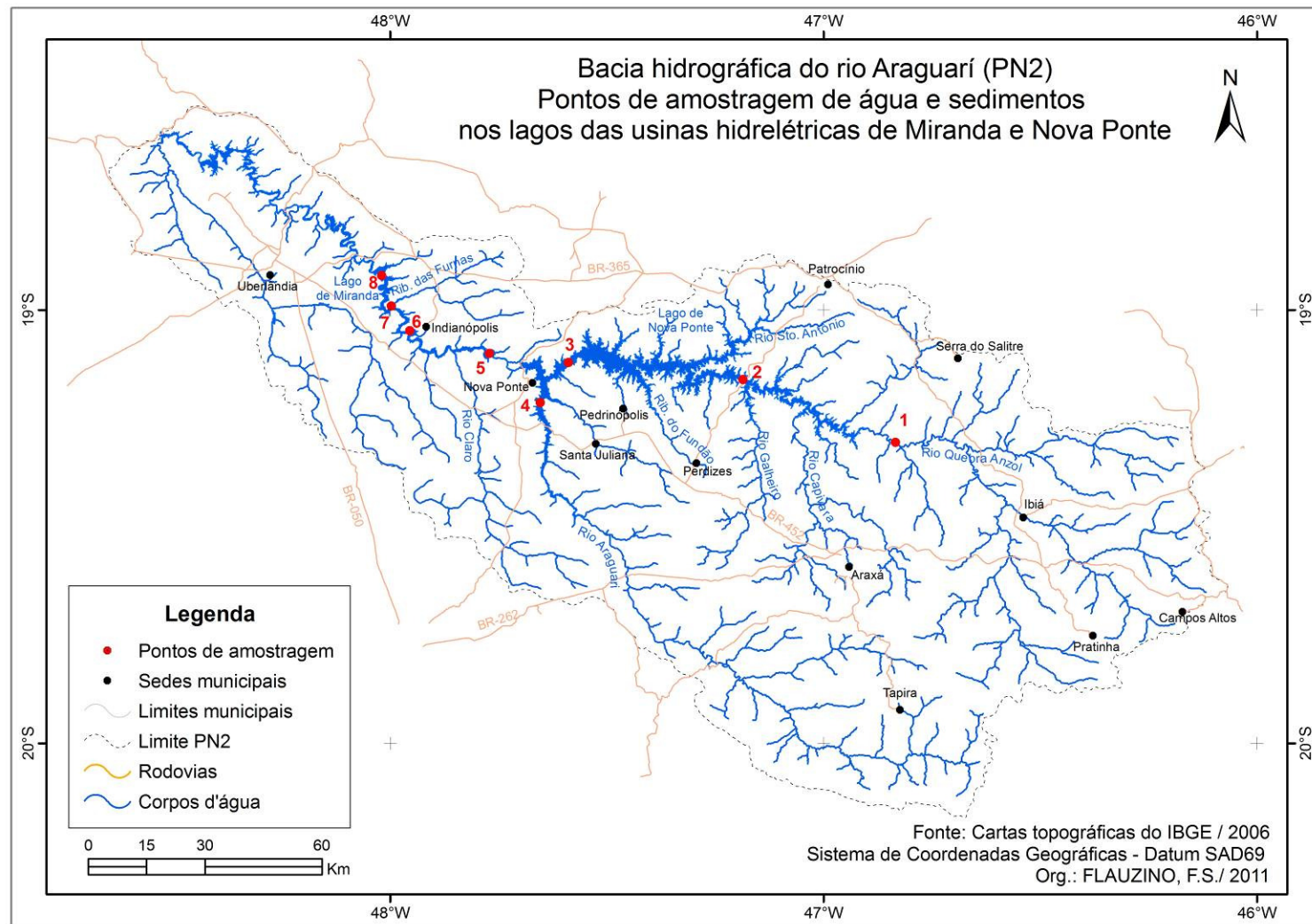


Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Ao todo, selecionaram-se oito pontos distintos de amostragem de água e de sedimento, sendo quatro pontos distintos no lago de Nova Ponte e outros quatro pontos distintos distribuídos no lago de Miranda (Figura 17).

Considerando a sazonalidade como um fator que pode afetar na qualidade da água e dos sedimentos, as amostragens foram realizadas tanto na estação seca quanto na chuvosa. Assim sendo, realizaram-se amostragens nos meses de março (estação chuvosa) e setembro (estação seca) de 2013.

FIGURA 17 – Mapa de localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Para cada ponto de amostragem coletaram-se aproximadamente oito litros de água e quatro litros de sedimentos, distribuídos em frascaria com e sem preservantes e em embalagens específicas para cada amostra e ensaio (Figura 18).

FIGURA 18 – Frascaria e embalagens previamente identificadas, utilizadas para o acondicionamento das amostras. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 29 de março de 2013. Local: Lago de Miranda, ponto nº 5 - a jusante da cidade de Nova Ponte, Minas Gerais.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

A utilização do tipo de recipiente e o meio de preservação se deram considerando os parâmetros de avaliação das águas e sedimentos e também os requisitos técnicos considerados para garantir as características originais das amostras até a realização dos ensaios.

Os critérios em relação à quantidade de amostra por parâmetro, frasco apropriado, preservante, tipo de armazenamento e prazo de validade do ensaio estão descritos em forma de tabela no próximo item deste trabalho: “item 5.2 – Realização dos ensaios”.

O Quadro 1 a seguir identifica a quantidade de amostras coletadas por ponto de amostragem, profundidade e data do ano.

QUADRO 1 – Relação dos pontos de amostragem e quantidade de amostras nos meses de março e setembro de 2013.

Pontos de amostragem	Coordenadas geográficas	Amostras	Profundidade (m)	Quantidade de amostras
1	S 19° 17' 10,00" W 046° 49' 16,00"	Água	Superficial	2
		Água	4metros	2
		Sedimento	5metros	2
2	S 19° 09' 37,40" W 047° 11' 10,00"	Água	Superficial	2
		Água	13metros	2
		Sedimento	14metros	2
3	S 19° 07' 15,50" W 047° 35' 20,01"	Água	Superficial	2
		Água	50metros	2
		Sedimento	51 metros	2
4	S 19° 12' 48,80" W 047° 39' 13,10"	Água	Superficial	2
		Água	52 metros	2
		Sedimento	53 metros	2
5	S 19° 06' 00,00" W 047° 46' 16,00"	Água	Superficial	2
		Água	11 metros	2
		Sedimento	12 metros	2
6	S 19° 02' 52,30" W 047° 57' 16,20"	Água	Superficial	2
		Água	28 metros	2
		Sedimento	29 metros	2
7	S 18° 59' 26,00" W 047° 59' 50,3	Água	Superficial	2
		Água	40 metros	2
		Sedimento	41 metros	2
8	S 18° 57' 08,4" W 048° 00' 45,4"	Água	Superficial	2
		Água	50 metros	2
		Sedimento	51 metros	2
Total de amostras de água				32
Total de amostras de sedimentos				8
Total geral – amostras de águas e sedimentos nas duas estações amostradas- chuvosa (março) e seca (setembro) de 2013.				40

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Complementarmente as metodologias para o procedimento de amostragem, vale ressaltar que a amostragem é considerada como fator crítico em todo o processo analítico e por isso necessita de um cuidado especial. Vários órgãos internacionais vêm propondo formas de garantir dos procedimentos de coleta. (ANA; CETESB, 2011).

Especificamente para controle da qualidade do procedimento de coleta, armazenamento e transporte de amostras, empregado nesta pesquisa, utilizou-se o branco de temperatura para verificar se as amostras ficaram preservadas na faixa de temperatura recomendada e amostragem em réplica, para o ensaio de sólidos sedimentáveis.

Outros controles poderiam ser utilizados, como por exemplo, a avaliação de contaminação cruzada no transporte das amostras entre outros. Neste caso, o processo ficaria ainda mais oneroso.

Assim sendo, como medida para verificar a qualidade na amostragem, optou-se pela realização do controle do branco de temperatura e a análise em réplica de um parâmetro dentro do grupo da série de sólidos.

O branco de temperatura consistiu em um frasco de polietileno contendo água destilada, o qual foi acondicionado juntamente com as amostras e de onde se realizaram medições e registros da temperatura antes dos acondicionamentos das amostras, durante o transporte e no momento de entrega das amostras no laboratório.

Já a amostragem em réplica representou a medição da precisão e repetitividade dos procedimentos de coleta, através da comparação da análise de duas amostras coletadas em um mesmo local, pelo mesmo amostrador, no mesmo espaço de tempo. A variação entre os resultados das duplicatas (RPD) é calculada de acordo com a equação 1 a seguir (APHA, 2012; US EPA, 2005):

Equação 1 – Cálculo da variação entre os resultados das duplicatas (RPD)

$$RPD = \left[\frac{(R1 - R2) + (R1 + R2)}{2} \right] * 100 \quad (1)$$

Onde: RPD = variação entre as duplicatas;

R1 = amostra n^o 1;

R2 = amostra n^o 2

São consideradas “normais”, de uma forma geral, variações na ordem de 20%. (APHA, 2012; USEPA, 2005).

Estes procedimentos de controle visaram ao monitoramento da garantia da qualidade dos trabalhos de amostragem, contribuindo para verificar se houve ou não erros por parte dos responsáveis pela amostragem.

5.2 Realização dos ensaios

Para a realização dos ensaios laboratoriais a escolha dos laboratórios a serem contratados se deu em função dos mesmos apresentarem acreditação junto ao INMETRO pela ISO IEC 17025, conforme preconizado pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio da Deliberação Normativa nº 167, de 2011. (COPAM, 2011).

Outro fator de escolha do prestador de serviço laboratorial se deu pelo fato da empresa utilizar métodos com os limites de quantificação inferiores ou iguais aos padrões de aceitação mínimos estabelecidos pela legislação para cada parâmetro ensaiado.

Para as amostras de água optou-se pela análise de alguns parâmetros do artigo nº 14, da Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. (CONAMA, 2005).

Em relação aos sedimentos, ensaiaram-se os parâmetros descritos pela resolução do CONAMA nº 454. (CONAMA, 2012).

As Tabelas 6, 7, 8 e 9 a seguir mostram os critérios de acondicionamento (recipientes apropriados), quantidade de amostra, preservação, armazenamento e prazo de validade para cada ensaio, em função da matriz analisada.

TABELA 6 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos inorgânicos – Água e Sedimento (continua)

Ensaio	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃);	A, B	P, V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	24 horas
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	A, B, C	P	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	48 horas
Condutividade (µS/cm) em campo	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato
Condutividade (µS/cm)	A, B, C	P, V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	28 dias
Cor aparente (mg Pt/L); Turbidez (NTU)	A, B,	P, V	250 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	48 horas
Fósforo Total (mg/L); Fosfato Total (mg/L); Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N); Nitrogênio Total (mg/L)	A, B, C	P, V	250 mL	H ₂ SO ₄ 1 + 1 até pH ≤2 Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	Nitrogênio - 7 dias; Fósforo total - 28 dias
Fósforo Total (mg/L); Fosfato Total (mg/L); Nitrogênio Total (mg/L)	D	PP (500 mL)	250 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	6 meses
Granulometria	D	PP (700 mL)	700 gramas (aproximadamente)	Não requerida	Temperatura ambiente Manter sob o abrigo da luz	6 meses
Metais (exceto cromo hexavalente), Semimetais e dureza	A, B, C	PLE, V LE	250 mL	Adicionar HNO ₃ 1 + 1 até pH < 2. Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	Metais, Arsênio, Selênio, Antimônio e Dureza – 6 meses Boro e Mercúrio – 28 dias
Metais e semimetais	D	PP LE (500 mL)	250 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	6 meses
Metais dissolvidos (solúveis)	A, B, C	P, V	100 mL	(3) Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	6 meses

TABELA 6 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos inorgânicos – Água e Sedimento (conclusão).

Ensaio	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) – Método de Winkler	A, B, C	VDBO	300 mL	1 mL de sulfato manganoso + 1 mL de azida sódica Sem resfriamento	Não requerido	8 horas
pH (em campo)	A, B, C, D	-	-	-	-	Ensaio imediato
Sólidos Totais (mg/L); Sólidos Dissolvidos (mg/L); Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	A, B, C	P, V	500 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	7 dias
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	A, B, C	P, V	1,5 L	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	24 horas
Turbidez (NTU) em campo	A, B, C	-	-	-	-	Ensaio imediato

Legenda: A = Amostra de água tratada; B = Amostra de água bruta; C = Amostrada de água resíduária; D = Amostras de solo, sedimentos, lodo, material sólido de dragagem, resíduo sólido e semi-sólido em geral; (1) Recipientes: V = Frasco de vidro neutro; VDBO = Frasco do tipo DBO (300 mL), com tampa esmerilada; LE = Limpeza especial; P = Frasco de plástico descartável (de polímero inerte); PP = Frasco de plástico 9 (de polímero inerte) do tipo pote; 2 A partir do momento da coleta de amostras; (3) Filtrar em campo em membrana 0,45 mm e adicionar HNO₃ (1 + 1) até pH < 2; (4) Filtrar em campo em membrana 0,45 mm; (5) Adicionar 4 gotas de solução 2 N de acetato de zinco/100mL, aguardar 15 minutos e adicionar NaOH até pH 9 e 10.

Fonte: Adaptado de CETESB (2011, p.291) e APHA (2012, p.44).

TABELA 7 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos orgânicos – Água e Sedimento (continua)

Ensaio	Classe da amostra	Recipient e (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
Carbono Orgânico Total (mg/L)	A, B, C	VDBO	300 mL	H ₂ SO ₄ 1 + 1 até pH \leq 2 Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	7 dias 28 dias (6)
Carbono Orgânico Total (mg/L)	D	PVA (3)	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	7 dias 28 dias (6)
Compostos Orgânicos Voláteis halogenados (SH)	D	PVA (3) 100 mL (4)	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	14 dias
Compostos Orgânicos Voláteis varredura	D	PVA (3) 100 mL (4)	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	14 dias
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	A, B, C	P, V	2 frascos de 1L	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	24 horas 48 horas (6)
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	A, B, C	P, V	250 mL	H ₂ SO ₄ 1 + 1 até pH \leq 2 Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	7 dias 28 dias (6)
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos / Benzo(a) Pireno	D	PVA (5)	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	7 dias
Pesticidas organoclorados / PCB	D	PVA (5)	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	14 dias

TABELA 7 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios físico-químicos orgânicos – Água e Sedimento (conclusão).

Ensaio	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
Óleos e Graxas totais (mg/L)	A, B, C	PVA	1 L	HCL 1 + 1 até pH ≤ 2 Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	28 dias
Fenóis totais (índices de fenóis)	D	PVA	100 gramas (aproximadamente)	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C	28 dias

Legenda: A = Amostra de água tratada; B = Amostra de água bruta; C = Amostrada de água resíduária; D = Amostras de solo, sedimentos, lodo, material sólido de dragagem, resíduo sólido e semi-sólido em geral; (1) Recipientes: VDBO = Frasco do tipo DBO (300 mL), com tampa esmerilada; BE = Boca Esmerilada; BL: Boca larga; LE = Limpeza especial; P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PVA = Frasco de vidro âmbar do tipo pote; VA = Frasco de vidro cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta de amostras; (3) Com tampa de rosca com septo de teflon; (4) Os frascos devem estar totalmente preenchidos com as amostras, de maneira a evitar a presença de ar; (5) Com tampa de rosca com septo de teflon ou folha de alumínio entre o frasco e a tampa; (6) Prazo máximo regulatório segundo o *Standard Methods*, 22ª ed., 2012; (7) Analisar o mais breve possível.

Fonte: Adaptado de CETESB (2011, p.291) e APHA (2012, p.44).

TABELA 8 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios microbiológicos – Água e Sedimento.

Ensaio	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra (2)	Preservação (3)	Armazenamento	Prazo de validade (4)
Indicadores bacterianos (5)	A,B	P,V,SP LE	100 mL	Resfriamento (em gelo)	Refrigerar a maior que 0°C e menor igual a 6°C proteger da luz. Não congelar	24 horas

Legenda: A = Amostra de água tratada; B = Amostra de água bruta; C = Amostrada de água resíduária; D = Amostras de solo, sedimentos, lodo, material sólido de dragagem, resíduo sólido e semi-sólido em geral; (1) Recipientes: LE = Limpeza especial; P = Frasco plástico descartável (de polímero inerte); PP = Frasco plástico descartável (de polímero inerte) do tipo pote; V = Frasco de vidro neutro; SP = Sacos plásticos estéreis; (2) de vidro âmbar do tipo pote; VA = Frasco de vidro cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta de amostras; (3) Com tampa de rosca com septo de teflon; (4) Os frascos devem estar totalmente preenchidos com as amostras, de maneira a evitar a presença de ar; (5) Com tampa de rosca com septo de teflon ou folha de alumínio entre o frasco e a tampa; (6) Prazo máximo regulatório segundo o *Standard Methods*, 22ª ed., 2012; (7) Analisar o mais breve possível.

Fonte: Adaptado de CETESB (2011, p.291) e APHA (2012, p.44).

TABELA 9 – Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de clorofila *a* – Água bruta.

Ensaio	Classe da amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de validade (2)
Clorofila <i>a</i> (µg/L) e Feofitina <i>a</i> (Filtrada no laboratório)	B	VA BL	1L (3)	Resfriamento (em gelo) e proteger da luz	Refrigeração entre 4 ^o C e 10 ^o C e manter sob o abrigo da luz	48 horas
Clorofila <i>a</i> (µg/L) e Feofitina <i>a</i> (Filtrada em campo)	B	VA BL	1L (3)	Resfriamento (em gelo) e proteger da luz	4	28 dias

Legenda: A = Amostra de água tratada; B = Amostra de água bruta; C = Amostrada de água residuária; D = Amostras de solo, sedimentos, lodo, material sólido de dragagem, resíduo sólido e semi-sólido em geral; (1) Recipientes: BL = Boca larga; VA = Frasco de vidro de cor âmbar; (2) A partir do momento da coleta de amostras; (3) O frasco não deve ser totalmente preenchido e quando solicitado as amostras devem ser coletadas em réplicas; (4) Após a filtração, a membrana filtrante deve ser colocada em um envelope de papel tipo “kraft”, devidamente identificado. O envelope deve ser acondicionado em frasco (ou dessecador) contendo sílica gel, sendo o frasco envolvido em papel alumínio, para proteger da luz. O frasco deve ser mantido sob refrigeração e protegido da luz no prazo de 24 horas. Na impossibilidade de cumprimento deste prazo, o frasco contendo as amostras deve ser mantido no freezer e encaminhado posteriormente sob refrigeração para o laboratório.

Fonte: Adaptado de CETESB (2011, p.291) e APHA (2012, p.44).

Os métodos de ensaios no laboratório, os limites de quantificação dos métodos e de aceitação da legislação em razão da amostra analisada estão descritos na Tabela 10, a seguir.

TABELA 10 – Relação de parâmetros, métodos e limites de quantificação e de aceitação por amostra, utilizados na pesquisa (continua)

Amostra: Água superficial e de profundidade

Parâmetros	Método de análise (A)	Limite de aceitação (B)	Limite de Quantificação
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	2320, APHA (2012)	NA	0,1
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	4500 Cl B, APHA (2012)	250	0,1
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	5210 B, APHA (2012)	5	2,0
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	5220 D, APHA (2012)	NA	3,3
Fósforo Total (mg/L)	4500 PE, APHA (2012)	0,1	0,05
Fosfato Total (mg/L)	4500 PE, APHA (2012)	0,1	0,05
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N)	4500 NH ₃ F, APHA (2012)	(2)	0,02
Nitrogênio Total (mg/L)	4500 NC, APHA (2012)	NA	0,02
Óleos e Graxas (mg/L)	5520 D, APHA (2012)	Virtualmente ausentes	0,1
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	4500 O, APHA (2012)	Não inferior a 5	0,1
pH	4500 H + B	6 - 9	0 - 14
Sólidos Totais (mg/L)	2540 E, APHA (2012)	NA	0,1
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	2540 C, APHA (2012)	500	0,1
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	2540 F, APHA (2012)	Virtualmente ausentes	0,1
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	2540 D, APHA (2012)	Virtualmente ausentes	0,1
Temperatura (°C)	2550 B, APHA (2012)	NA	0
Turbidez (NTU)	2130 E, APHA (2012)	40	0,1
Dureza Total (mg/L)	2340, APHA (2012)	NA	0,1
Cor aparente (mg Pt/I)	2120 B, APHA (2012)	Nível da cor natural do corpo de água	0,1
Condutividade (µS/cm)	2510, APHA (2012)	NA	0,1
Ferro (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	NA	0,1
Nitrito (mg/L N)	4500 NO ₂ B, APHA (2012)	1	0,01
Nitrato (mg/L N)	US EPA 300.1 (2007)	10	0,1
Cobre (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	NA	0,05
Manganês Total (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,1	0,05
Manganês Dissolvido (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,05	NA
Arsênio Total (mg/L)	3114 B/C - As, APHA (2012)	0,01	0,01
Cádmio Total (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,001	0,001
Chumbo Total (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,01	0,008
Cromo Total (mg/L)	3120 B, APHA (2012)	0,05	0,009
Mercurio Total (mg/L)	3112 B, APHA (2012)	0,0002	0,0002
Níquel Total (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,025	0,008
Zinco Total (mg/L)	3111 B, APHA (2012)	0,18	0,06
Clorofila (µg/L)	10200 H, APHA (2012)	30	1
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	9222 A,B, D, APHA (2012)	NA	0

TABELA 10 – Relação de parâmetros, métodos e limites de quantificação de aceitação por amostra, utilizados na pesquisa (continuação)

Amostra: Água superficial e de profundidade				
Parâmetros	Método de análise (A)	Limite de aceitação (B)		Limite de Quantificação
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	9222 A, B, D, APHA (2012)	1000 (3)		0
Escherichia coli (NMP/100 mL)	9222 A, B, D, APHA (2012)	1000 (3)		0
Carbono Orgânico Total (mg/L)	US EPA 9060 (2007)	NA		2,0
Amostra de sedimento de fundo				
Parâmetros	Método de análise (A)	Limite de aceitação (B)		Limite de Quantificação
		Nível 1	Nível 2	
Arsênio Total (mg/Kg)	21 3114 B, APHA (2012)	5,9 ¹	17 ¹	0,04
Cádmio Total (mg/Kg)	846 3050 B / 21 3120 B, APHA (2012)	0,6 ¹	3,5 ¹	0,003
Chumbo Total (mg/Kg)	846 3050 B / 21 3120 B, APHA (2012)	35 ¹	91,3 ¹	0,003
Cobre Total (mg/Kg)	846 3050 B / 21 3120 B, APHA (2012)	35,7 ¹	197 ¹	0,003
Cromo Total (mg/Kg)	21 3120 B, APHA (2012)	37,3 ¹	90 ¹	0,002
Mercurio Total (mg/Kg)	21 3112 B, APHA (2012)	0,17 ¹	0,486 ¹	0,0005
Níquel Total (mg/Kg)	846 3050 B / 21 3120 B, APHA (2012)	18 ¹	35,9 ¹	0,05
Zinco Total (mg/Kg)	3120 B, APHA (2012)	123 ¹	315 ¹	25
Fósforo Total (mg/Kg)	Mehlich 1 – Embrapa 1997	2000		NA
Nitrogênio Total (mg/Kg)	Arraste por vapor Cantarella & Trivelin, 2001	4800		NA
Carbono Orgânico Total (%)	US EPA 9060 (2007)	10		0,02
Organoclorados (µg / Kg)	6410, APHA (2012)	NA		0,01
alfa-Clordano (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	NA		1
gama-Clordano (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	0,94 ¹	1,38 ¹	1
Delta - BHC (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	NA		10
DDD (mg/kg)	US EPA 8270 D (2007)	3,54 ¹	8,51 ¹	0,001
DDE (mg/kg)	US EPA 8270 D (2007)	1,42 ¹	6,75 ¹	0,001
DDT (isômeros) (mg/kg)	US EPA 8270 D (2007)	1,19 ¹	4,77 ¹	0,001
Dieldrin (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	2,85 ¹	6,67 ¹	10
Endrin (µg /L)	US EPA 8270 D (2007)	2,67 ¹	62,4 ¹	0,001
Endrin Aldeído (µg /L)	US EPA 8281 B (2007)	NA		0,005
Endrin Cetona (µg /L)	US EPA 8281 B (2007)	NA		0,005
PCB's (mg/kg)	US EPA 3510 C e 8270 D (2007)	34,1 ¹	277 ¹	0,015
Naftaleno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	34,6 ¹	391 ¹	0,001
Acenafeno (mg/kg)	ASTM D 6520 (2012)	6,71 ¹	88,9 ¹	5
Fenantreno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	41,9 ¹	515 ¹	0,005
Fluoratenos (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	111 ¹	2355 ¹	5
Antraceno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	46,9 ¹	245 ¹	0,005
Pireno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	53 ¹	875 ¹	5
Benzo(a) Antreceno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	31,7 ¹	385 ¹	0,005

TABELA 10 – Relação de ensaios, métodos e limites de quantificação de aceitação por amostra, utilizados na pesquisa (conclusão).

Amostra de sedimento de fundo				
Parâmetros	Método de análise (A)	Limite de aceitação (B)		Limite de Quantificação
		Nível 1	Nível 2	
Criseno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012)	57,1 ¹	862 ¹	0,005
Dibenzeno (a,h) Antraceno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	6,22 ¹	135 ¹	0,005
Indeno (1, 2, 3-cd) Pireno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	NA		0,005
Benzo (b) Fluoranteno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	NA		5
Benzo (k) Fluoranteno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	NA		0,005
Benzo (k) Pireno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	31,9 ¹	782 ¹	5
Benzo (g, h, i) Perileno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	NA		0,005
Fluoreno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	21,2 ¹	144 ¹	5
Acenaftileno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	5,87 ¹	128 ¹	5
Fluoranteno (mg/kg)	6410 A, APHA (2012);	111 ¹	2355 ¹	5
1 Metilnaftaleno (mg/kg)	US EPA 8270 D (2007)	NA		10
2 Metilnaftaleno (mg/kg)	US EPA 8270 D (2007)	20,2 ¹	201 ¹	10
Densidade (mg/kg)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	NA		1
Densidade aparente (mg/kg)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	NA		1
Areia fina 0,125 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	0,25 a 0,125 mm		NA
Areia grossa 0,500 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	1 a 0,5 mm		NA
Areia média 0,250 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	0,5 a 0,25 mm		NA
Areia muito fina 0,063 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	0,125 a 0,062 mm		NA
Areia total 0,125 mm (g/kg)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	NA		1
Argila < 0,004 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	0,00394 a 0,0002 mm		NA
Silte 0,004 mm (%)	Embrapa 2 ^o Edição (1997)	0,062 a 0,00394 mm		NA

Legenda: (A) = Métodos de análise utilizados para amostras de água e de sedimentos: *American Public Health Association* – APHA, 2012; *US Environmental Protection Agency* - US EPA, 2007; *American Society for Testing and Materials* – ASTM, 2012; Cantarella & Trivelin, 2001; EMBRAPA, 1997;

(B) = Limite de aceitação para água - Resolução CONAMA n° 357, 2005 (Artigo n° 14); Para os sedimentos - Resolução CONAMA n° 454, 2012;

(NA) = Não aplicável;

(1) = *Environmental Canada. Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 2002;

(2) Valores máximos permissíveis para Nitrogênio Amoniacal Total em amostras de água: 3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L para pH > 8,5 - Resolução CONAMA n° 357, 2005 (Artigo n° 14);

(3) = Para uso e recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução n° 274, de 29 de novembro de 2000. Para os demais usos, não deverá exceder um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral - Resolução CONAMA n° 357, 2005 (Artigo n° 14).

Fonte: Adaptado de CETESB (2011, p.291) e APHA (2012, p.44).

5.3 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, a partir de um estudo realizado em 1970 pela "*National Sanitation Foundation*" dos Estados Unidos, adaptou e desenvolveu um procedimento para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA) (CETESB, 1979).

Observa-se que, além da CETESB, vários outros Estados brasileiros adotam o IQA e que este é o principal índice utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para indicar a qualidade da água destinada para o abastecimento público e os parâmetros utilizados para seu cálculo são em sua maioria indicadores de contaminação proveniente do lançamento de esgotos domésticos (ANA, 2013).

Nove parâmetros definidos em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, com seus respectivos pesos (w), compõem o IQA (Tabela 11).

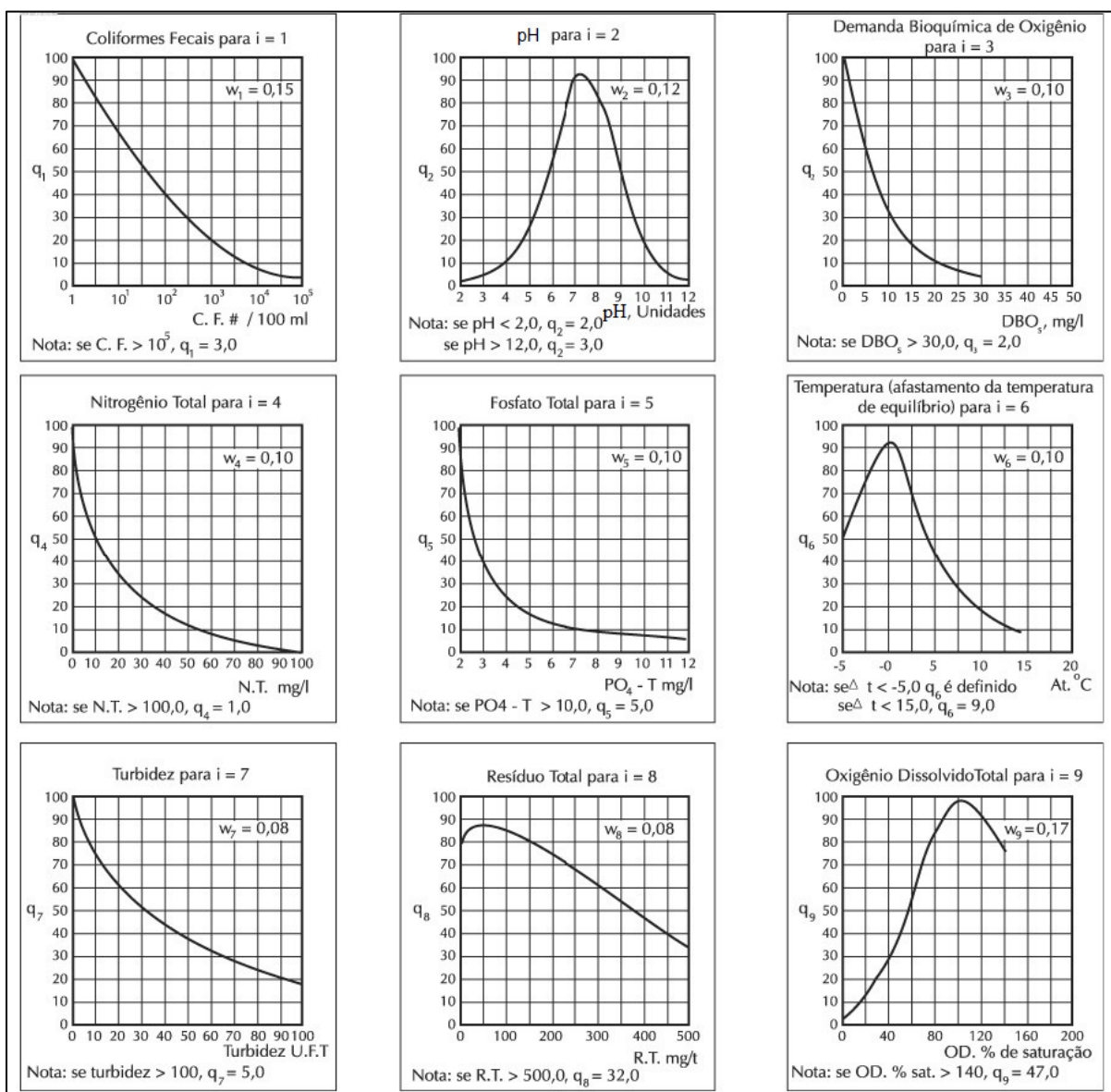
TABELA 11 - Parâmetros de qualidade da água do IQA e seus respectivos pesos.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: ANA (2013).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida, como pode ser observado na Figura 19 a seguir.

FIGURA 19 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas - “IQA”.



Fonte: ANA (2013).

Assim sendo, o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, por meio da equação 2 a seguir. (CETESB, 1979).

Equação nº 2:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

Onde:

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 de sua importância para a conformação global de qualidade, sendo obtido da equação nº 3:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

em que:

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA. No caso de não se dispor do valor de algum dos nove parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros e estão representadas no Quadro 2 a seguir..

QUADRO 2 – Escalas de enquadramento do IQA por Estado.

Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA utilizadas nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	80-100	Ótima
71-90	52-79	Boa
51-70	37-51	Razoável
26-50	20-36	Ruim
0-25	0-19	Péssima

Fonte: ANA (2013).

5.4 Cálculo do Índice de Estado Trófico

A classificação da qualidade de corpos d'água em diferentes graus de trofia se dá pela determinação do Índice de Estado Trófico (IET). Este índice possibilita avaliar 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 (ANA, 2013).

Carlson (1977, p.361), com o objetivo de tornar mais clara a comunicação de estudos envolvendo a eutrofização e a classificação dos corpos d'água, inicialmente, desenvolveu um índice que define o estado trófico (IET) para ambientes de clima temperado, segundo a concentração de biomassa, medida pela transparência do disco de Secchi.

A partir dos dados de transparência obtidos e por meio da análise de regressão, Carlson determinou as equações de IET para clorofila-a e para o fósforo total.

Posteriormente, Toledo et al (1983), através de análise estatística por regressão, alterou as expressões originais, desenvolvidas por Carlson (1977), para adequá-las aos ambientes subtropicais, especificamente para os rios.

Lamparelli (2004, p.34), baseado em novas relações estabelecidas entre as variáveis, bem como nos limites de aceitação estabelecidos pela legislação para estas variáveis, propôs uma readaptação das fórmulas estatísticas definidas por Toledo para a avaliação do IET para reservatórios, foco deste trabalho.

Assim sendo, tem-se as equações 4, 5, 6 e 7 a seguir:

$$\text{IET (PT)} = 10.(6-(1,77-0,42.(\ln.PT)/\ln 2))$$

onde o fósforo total (PT) é expresso em µg/L; (4)

$$\text{IET (S)} = 10.(6-((\ln S)/\ln 2))$$

onde a transparência (S) é expressa em metros; (5)

$$\text{IET (Cl)} = 10.(6-((0,92-0,34.(\ln.Cl)/\ln 2))$$

onde clorofila a (Cl) é expressa em µg/L; (6)

$$\text{IET (M)} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (S)} + \text{IET (Cl)}] / 3$$

onde M é a média dos IETs. (7)

Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, juntamente com suas características, representadas na Tabela 12 a seguir.

TABELA 12: Classes de estado trófico para reservatórios.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET = 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 < IET = 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63 < IET = 67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos.
> 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fontes: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004, p. 168).

5.5 Elaboração da carta imagem e de uso da terra e cobertura vegetal

A base cartográfica do limite da bacia hidrográfica, que compõem a base cartográfica da área de estudo, foi obtido junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no ano de 2014.

As informações cartográficas e as imagens de satélite foram tratadas, utilizando-se o *software* ArcMap do pacote de programas ArcGis® 9.3, que constitui um sistema de informação geográfica desenvolvido pela “*Environmental Systems Research Institute*”(ESRI).

Para a elaboração da carta imagem utilizaram-se as imagens orbitais do satélite *Landsat* 8, sensor ótico *Operational Land Imager* (OLI), com resolução espacial de 30 metros, datadas de novembro de 2013, a partir da composição colorida na Cor Natural, caracterizada pelas bandas 4 na cor R, banda 3 na cor G e banda 2 na cor B.

As imagens de satélite foram obtidas, junto a “*National Aeronautics and Space Administration*” - NASA (NASA, 2014), tomando como base as referências das coordenadas da área de estudo. Ao todo, 6 imagens, com as órbitas / pontos 219/73, 219/74, 220/73, 220/74, 221/73 e 221/74 compuseram o mosaico com a abrangência da bacia hidrográfica do rio Araguari.

Em posse das imagens do satélite *OLI LANDSAT* 8 da área de estudo, fez necessário reprojeta-las para o Hemisfério Sul uma vez que estas são, originalmente, orientadas ao norte verdadeiro. As imagens estão disponíveis na projeção UTM, com Datum WGS 84. A ferramenta “*composite bands*” foi utilizada para gerar a composição colorida (4R3G2B) e também se aplicou contraste (ferramenta de realce em imagens), em cada banda, com o intuito de aumentar o poder de discriminação dos alvos.

O *layout* da carta imagem foi elaborado após mosaicar as seis imagens sobrepondo-se a elas, a base cartográfica com o limite da bacia hidrográfica do rio Araguari e demais toponímias (sedes municipais e rodovias), apresentadas na Figura 20.

Realizado o recorte, teve início a interpretação visual, buscando a identificação de 9 classes de uso da terra e cobertura vegetal natural, denominadas: vegetação arbórea natural; campo higrófilo; pastagem; cultura anual; cultura irrigado por pivô central; silvicultura; granjas de suínos e aves; áreas de influência urbana e corpos de água.

No processo de vetorização das classes citadas, a partir da imagem de satélite, cada polígono foi associado a uma determinada classe de uso. Após a associação, calculou-se a área, em km², de cada classe por meio da ferramenta “*calculate geometry*” e elaborou-se o *layout* do mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Análises da água

A percepção do homem nas alterações da qualidade da água por meio de seus sentidos dá-se pelas suas características físicas e químicas, pois se espera que esta seja transparente, sem cor e sem cheiro. Na verdade, a água usualmente possui cor, cheiro e até mesmo gosto (BRANCO, 1986).

A estrutura física e a composição química das águas naturais são influenciadas por fatores geológicos, climáticos, hidrológicos e biológicos. A qualidade das águas está diretamente relacionada com o aporte de materiais que podem receber dos ecossistemas adjacentes. Sedimentos, detritos vegetais e dejetos de animais silvestres, aquáticos e terrestres aumentam naturalmente o nível de aporte alóctone dos cursos d' água. Entretanto, a maior parte da contaminação resulta de atividades agrícolas, urbanas e industriais em grande escala (TUNDISI, J. G., 2005).

A análise das características físicas, químicas e biológicas da água, além de ser importante para o conhecimento qualitativo, permite a adoção de medidas preventivas ou corretivas, caso seja necessário, no sentido de minimizar os impactos negativos sobre os mesmos. Por isso, a interpretação dos resultados apresentados graficamente nos dá aporte para a discussão dos mesmos.

A formação do lago de uma usina hidrelétrica provoca desequilíbrio na estrutura das comunidades aquáticas. As alterações físico-químicas e bacteriológicas da água podem causar o desaparecimento ou a proliferação de espécies e a instalação de organismos invasores (SILVA, W. M., 1998).

O planejamento e gestão de recursos hídricos dependem de informações confiáveis quanto às variáveis que indiquem a qualidade da água (REBOUÇAS et al., 2006, p. 180).

Assim sendo, segue a apresentação e avaliação dos parâmetros analisados.

6.1.1 Controle da qualidade da amostragem

O controle e monitoramento da temperatura durante todo o processo da amostragem foi realizado por meio de um frasco contendo água destilada, denominado de “branco de temperatura”.

Este frasco foi acondicionado como amostra e mantido sob condições de refrigeração, possibilitando a verificação e o controle da temperatura no local em que as amostras foram acondicionadas.

O controle da temperatura por meio do branco possibilitou o monitoramento e o ajuste da temperatura dentro do limite de preservação recomendado pelo “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2012): $< 0^{\circ} \text{ a } \leq 6,0^{\circ} \text{ Celsius (C)}$.

Verifica-se, nas Tabelas 13 e 14 a seguir, que todos os registros de controle de temperatura do processo de amostragem atenderam o limite de preservação da amostra.

TABELA 13 – Registros de dados de controle de temperatura do branco – período chuvoso de 2013 (mês de março de 2013).

Pontos de amostragem	Temperatura - Antes da amostragem	Temperatura - Durante a amostragem	Temperatura - Entrega das amostras para análise	Situação
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,5° C	3,5° C	5,0° C	Conforme
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,5° C	4,6° C	4,0° C	Conforme
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,5° C	4,6° C	3,7° C	Conforme
Ponto 4 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,8° C	3,7° C	4,2° C	Conforme
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob (amostras de Superfície e de Profundidade)	1,8° C	2,3° C	4,6° C	Conforme
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,2° C	3,9° C	4,1° C	Conforme
Ponto 7 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,7° C	3,3° C	4,5° C	Conforme
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,0° C	3,1° C	4,3° C	Conforme

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 14 – Registros de dados de controle de temperatura do branco – período seco de 2013 (mês de setembro de 2013).

Pontos de amostragem	Temperatura - Antes da amostragem	Temperatura - Durante a amostragem	Temperatura - Entrega das amostras para análise	Situação
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,0° C	4,5° C	4,0° C	Conforme
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,7° C	3,0° C	4,0° C	Conforme
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,5° C	3,6° C	5,0° C	Conforme
Ponto 4 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,0 ° C	4,5 ° C	5,0° C	Conforme
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob (amostras de Superfície e de Profundidade)	3,4 C	4,3° C	4,1° C	Conforme
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,2° C	2,9° C	4,6° C	Conforme
Ponto 7 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas (amostras de Superfície e de Profundidade)	1,7° C	3,3° C	5, 2° C	Conforme
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda (amostras de Superfície e de Profundidade)	2,0° C	3,9° C	5,3° C	Conforme

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Além disso, realizou-se a amostragem e o ensaio do parâmetro “sólidos sedimentáveis” em réplica para verificar se as precisões do procedimento de amostragem, do amostrador e das amostras estavam dentro dos limites de variação aceitáveis e pré-definidos neste trabalho: 20%.

Verificando as Tabelas 15 e 16 a seguir, nota-se que todos os resultados foram inferiores a 20%, atendendo ao pré-requisito para o controle de qualidade das amostragens.

Caso algum destes pontos apresentasse variação superior a 20%, o mesmo seria desconsiderado, necessitando de nova amostragem.

TABELA 15 – Dados de ensaios e avaliação do procedimento de réplica para o parâmetro sólidos sedimentáveis – período chuvoso de 2013.

Pontos de amostragem	Resultados das Amostras de superfície	Resultados das réplicas das amostras de superfície	Resultados das amostras de profundidade	Resultados das réplicas das amostras de profundidade	Variações em %, entre as réplicas (de Superfície e de Profundidade)	Situações
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol	1,30	1,10	2,5	2,5	16,70 e 0,0	Conforme
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 4 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis	< 0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 7 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas	1,10	1,00	0,40	0,40	9,52 e 0,0	Conforme
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda	< 0,10	< 0,10	0,30	0,30	0,0 e 0,0	Conforme

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 16 – Dados de ensaios e avaliação do procedimento de réplica para o parâmetro sólidos sedimentáveis – período seco de 2013.

Pontos de amostragem	Resultados das Amostras de superfície	Resultados das réplicas das amostras de superfície	Resultados das amostras de profundidade	Resultados das réplicas das amostras de profundidade	Variações em %, entre as réplicas (de Superfície e de Profundidade)	Situações
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol	0,2	0,2	0,5	0,5	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio	< 0,10	< 0,10	0,1	0,1	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 4 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 7 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,0 e 0,0	Conforme
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda	< 0,10	< 0,10	<0,10	<0,10	0,0 e 0,0	Conforme

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

6.1.2 Análises realizadas

Os resultados das análises físico-químicas em amostras de água foram comparados aos limites de aceitação estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357 (CONAMA, 2005) para a classe 2.

Este critério de comparação é o mesmo adotado pelos órgãos de fiscalização, nas atividades de monitoramento ambiental para os corpos hídricos com classificação não definida.

6.1.2.1 Amostras de superfície

Analizando as Tabelas 17 e 18 a seguir, os pontos de amostragem apresentaram valores superiores aos limites de aceitação estabelecidos pela resolução do CONAMA 357 (2005), para alguns parâmetros analisados no período chuvoso (pontos 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) e no período seco (pontos 1, 2, 5 e 7) do ano de 2013.

TABELA 17 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 – amostras de superfície.

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	2,69	5,5	4,50	4,20	4,60	3,50	3,50	3,70	Não inferior a 5
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1832,30	35,80	29,00	20,00	27,80	8,80	0,80	29,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	1,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,05	< 0,10	Virtualmente ausentes
pH	6,24	6,56	6,52	6,54	7,14	7,34	6,67	7,75	6 - 9
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	219,70	2,20	< 0,10	< 0,10	0,20	0,20	32,20	< 0,10	Virtualmente ausentes
Cor aparente (mg Pt/L)	60,00	9,00	8,00	6,00	6,00	5,00	9,00	6,00	Nível da cor natural do corpo de água

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 18 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostras de superfície.

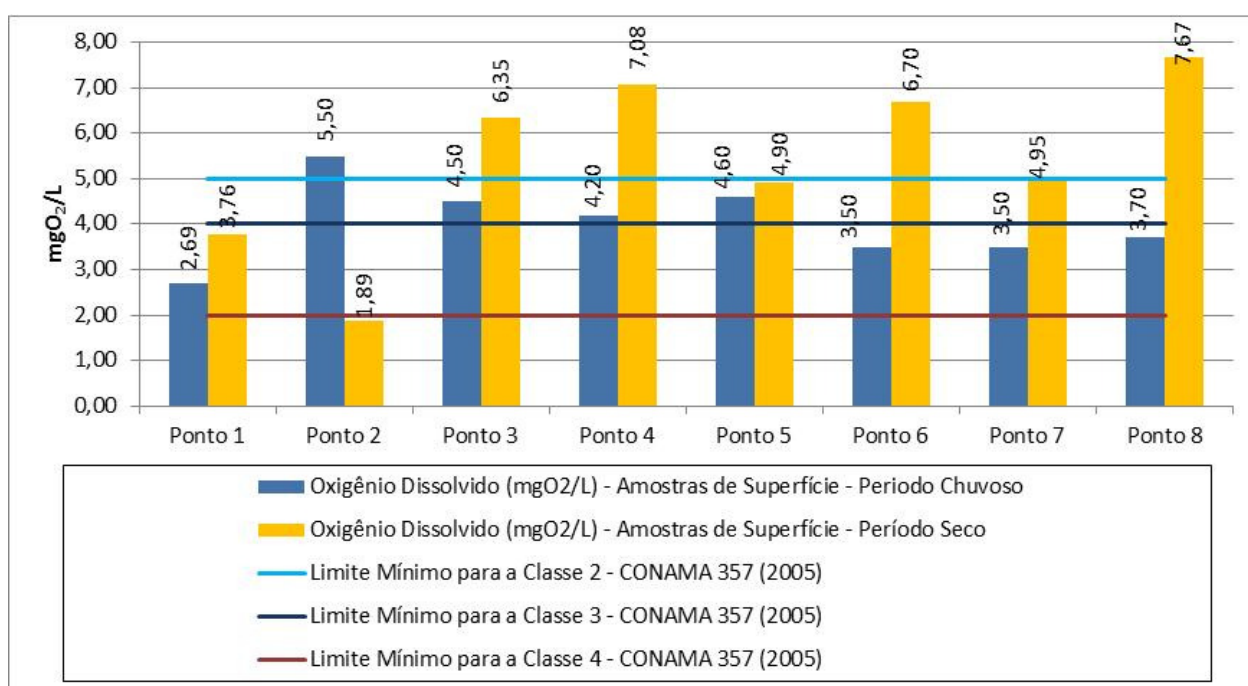
Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	3,76	1,89	6,35	7,08	4,90	6,70	4,95	7,67	Não inferior a 5
pH	5,00	5,50	7,21	7,20	6,87	7,16	6,71	7,71	6 - 9
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	32,20	32,60	36,00	28,00	27,00	28,00	28,00	33,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	11,80	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Virtualmente ausentes
Cor aparente (mg Pt/L)	12,87	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	5,00	5,00	Nível da cor natural do corpo de água

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Os pontos 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, no mês de março de 2013 (chuvoso), e os pontos 1, 2, 5 e 7, no mês de setembro de 2013 (seco), apresentaram teores de oxigênio dissolvido abaixo do limite mínimo de aceitação para a classe 2, “não inferior a 5 miligramas por litro (mgO₂/L)”, conforme pode ser observado na Figura 21 a seguir:

FIGURA 21 - Gráfico comparativo dos teores de Oxigênio Dissolvido no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.

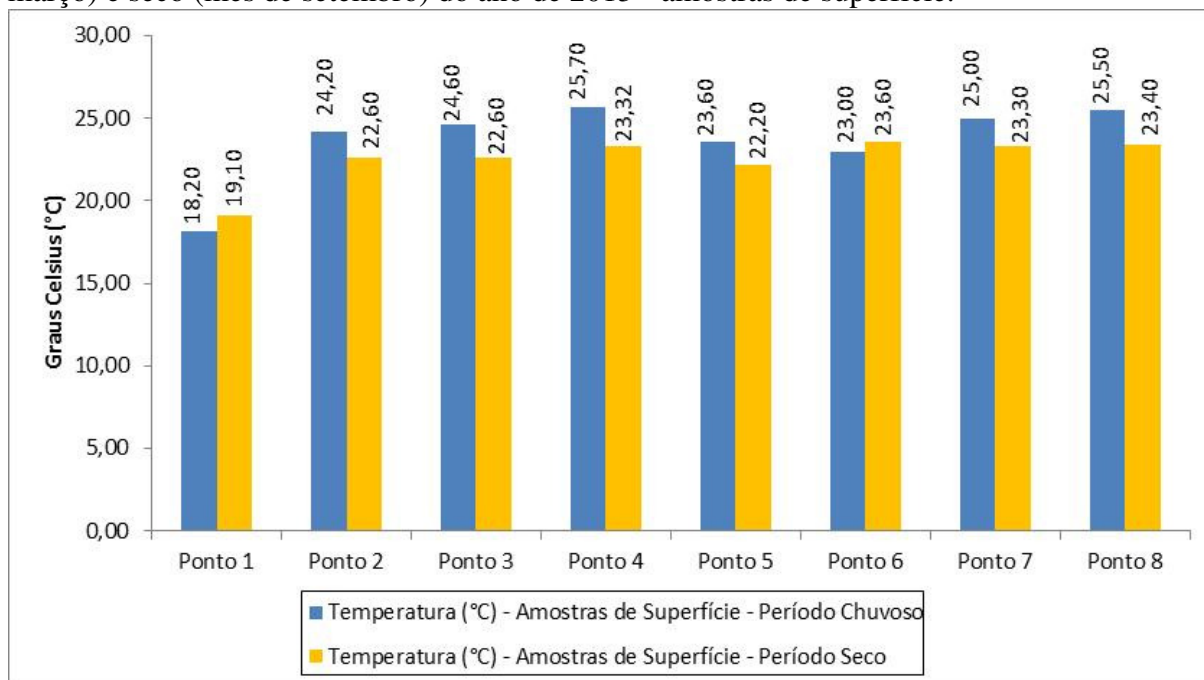


Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Considerando que os teores de oxigênio dissolvido para a classe 3 e 4 são, respectivamente, “não inferiores a 4 miligramas por litro” e “não inferiores a 2 miligramas por litro”, no período chuvoso os pontos 3, 4 e 5 se enquadrariam na classe 3 e os pontos 1, 6, 7 e 8 na classe 4. Já no período seco o ponto 1 se enquadraria na classe 4, os pontos 5 e 7 na classe 3. O ponto 2 apresentou um teor abaixo do mínimo definido para a classe 4.

Os valores de temperatura encontrados no mês de março foram superiores ao mês de setembro para quase todos os pontos de amostragem. O ponto 1 se diferenciou dos demais por ter temperaturas pouco maiores no mês de setembro (Figura 22).

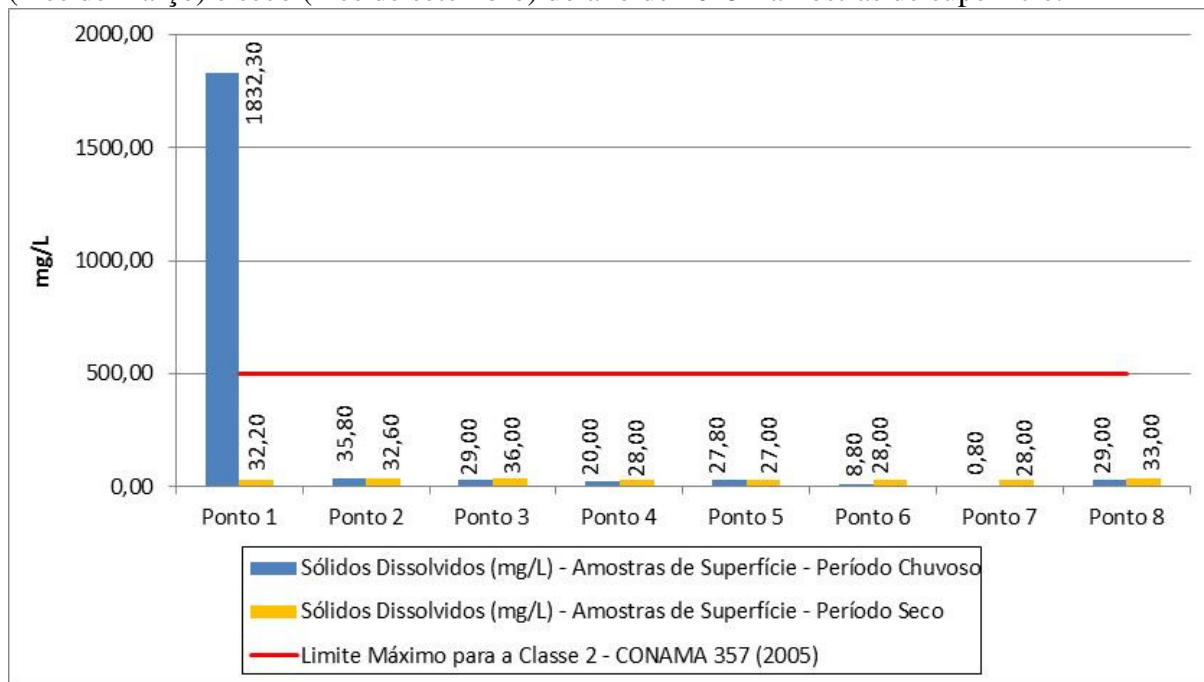
FIGURA 22 - Gráfico comparativo dos valores de Temperatura no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

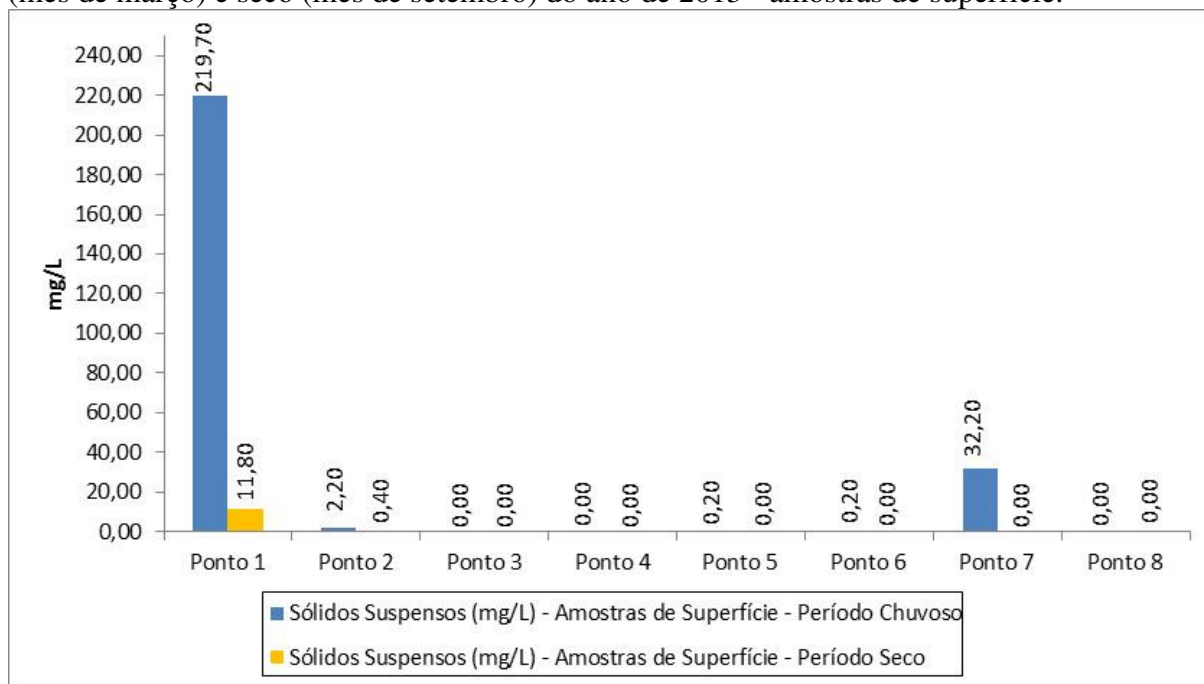
Elevadas concentrações de sólidos dissolvidos e suspensos totais podem ser observadas, respectivamente, nas Figuras 23 e 24 a seguir:

FIGURA 23 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Dissolvidos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

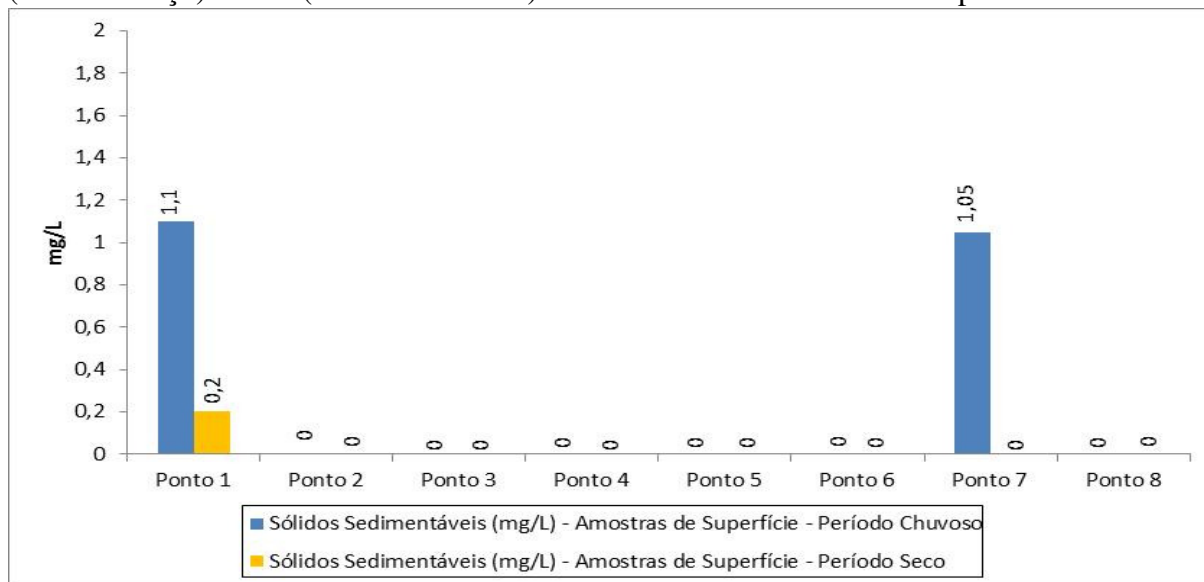
FIGURA 24 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Suspensos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

No período chuvoso, os pontos 1 (1,10 mg/L) e 7 (1,05 mg/L) tiveram resultados de sólidos sedimentáveis não condizentes com o padrão “virtualmente ausentes”, descrito pela legislação (Figura 25).

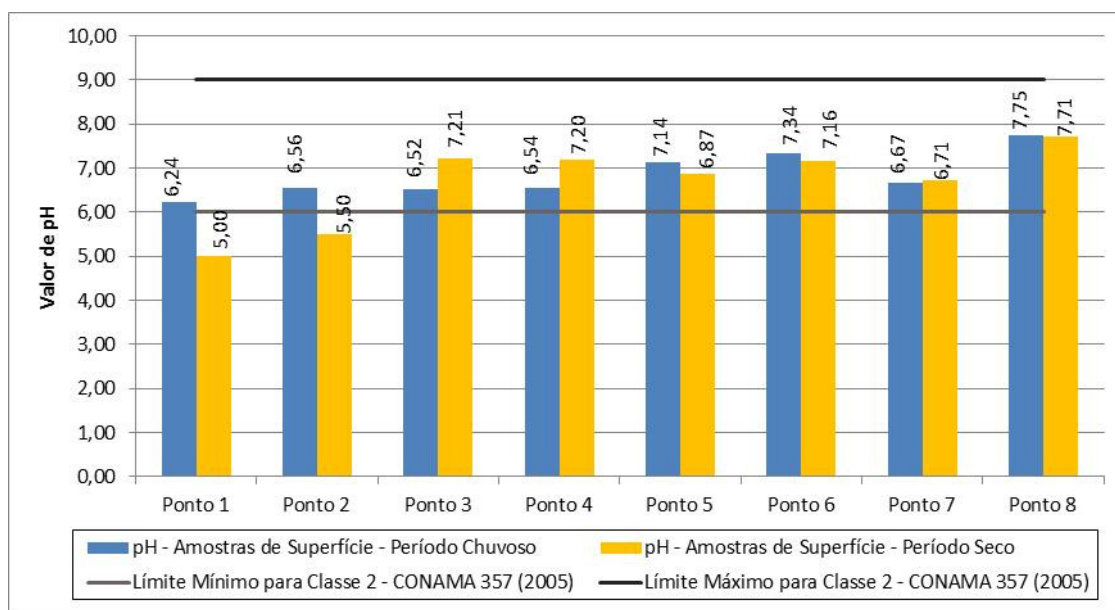
FIGURA 25 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Sedimentáveis no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Os valores de pH dos pontos 1 e 2 no mês de setembro (seco) apresentaram-se inferiores ao limite mínimo preconizado pela legislação, de 6, como pode ser observado na Figura 26 a seguir.

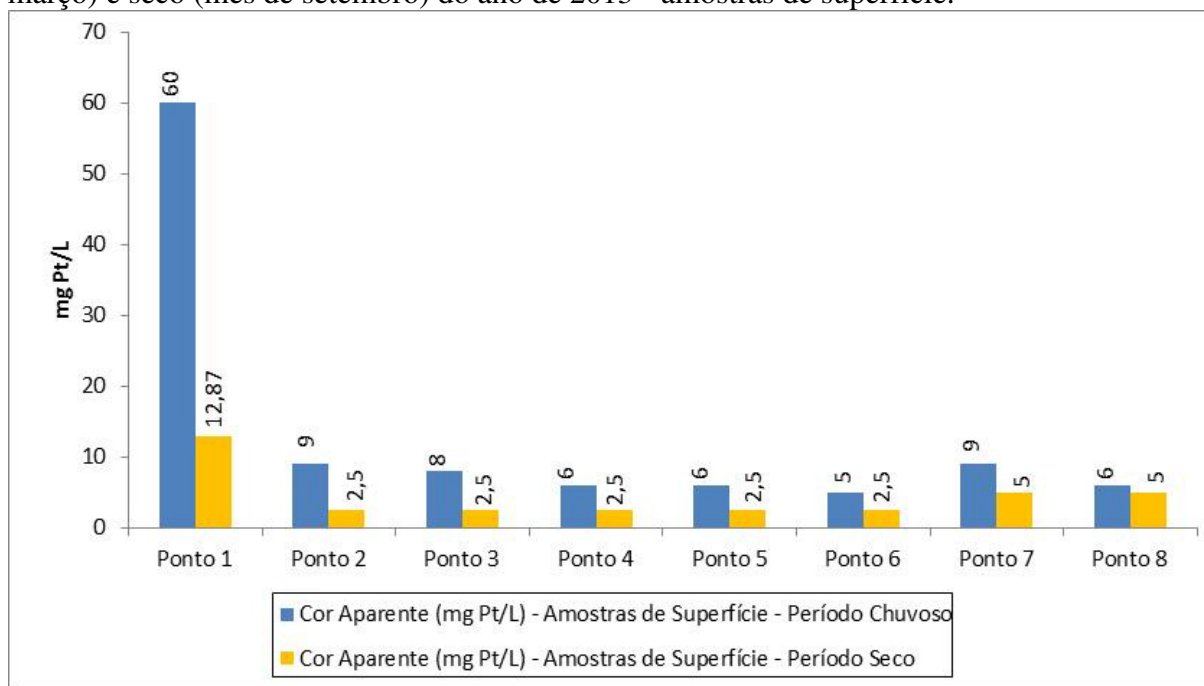
FIGURA 26 - Gráfico comparativo dos valores de pH no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

O valor de Cor Aparente no ponto 1, tanto no período chuvoso quanto no seco, foi superior aos valores encontrados nos demais locais de amostragem (Figura 27).

FIGURA 27 - Gráfico comparativo dos valores de Cor Aparente no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de superfície.



Fonte: Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

6.1.2.2 Amostras de profundidade

Analisando as Tabelas 19 e 20 a seguir, nota-se que os pontos de amostragem apresentaram valores superiores ao estabelecido pela legislação vigente para alguns parâmetros analisados no período chuvoso (pontos 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8) e no período seco (pontos 1, 2, 7 e 8) do ano de 2013.

TABELA 19 – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostragem de profundidade.

Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	2,93	6,00	3,89	4,00	4,30	3,00	3,13	3,0	Não inferior a 5
pH	6,36	6,45	6,53	6,39	7,33	6,29	6,82	5,45	6 - 9
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1892,00	38,20	34,00	11,50	17,80	21,81	34,50	38,60	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	2,50	0,10	0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	1223,80	3,80	1,00	2,50	7,20	2,30	15,50	12,40	Virtualmente ausentes
Cor aparente (mg Pt/L)	65,00	13,00	10,00	8,00	7,00	7,00	10,00	8,00	Nível da cor natural do corpo de água
Manganês Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,14	0,1

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 20 – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostragem de profundidade.

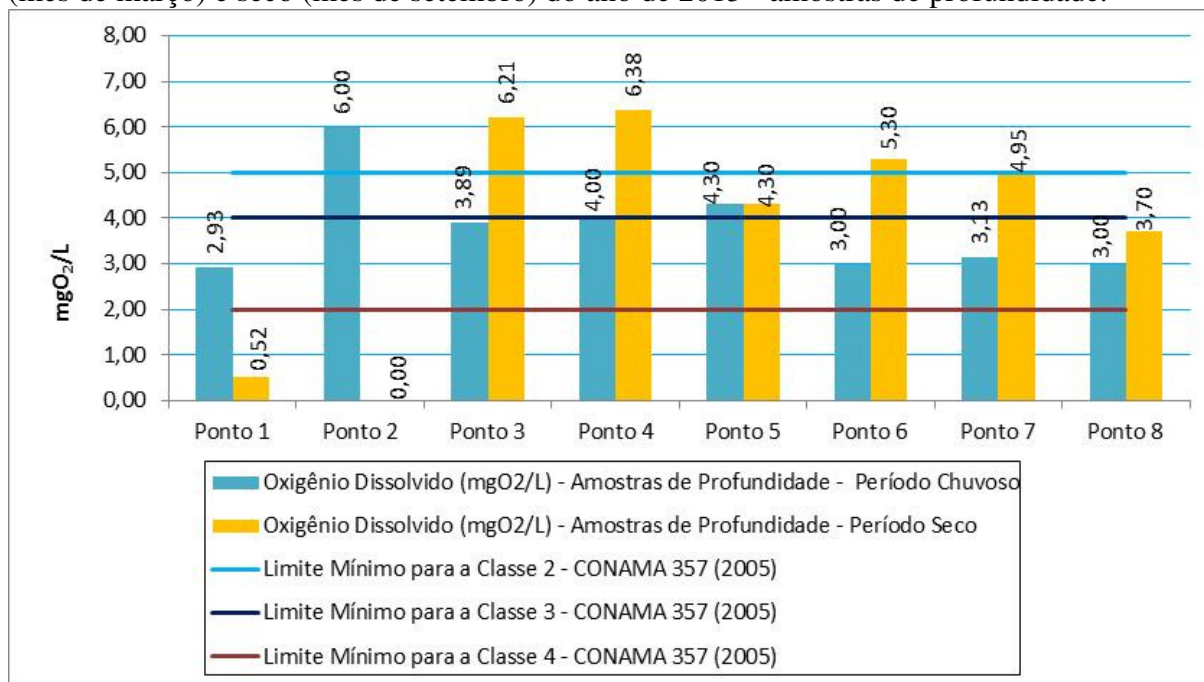
Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	0,52	< 0,10	6,21	6,38	4,30	5,30	4,95	3,70	Não inferior a 5
pH	5,16	4,80	6,91	6,76	6,58	6,91	7,01	6,62	6 - 9
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	83,0	39,60	39,60	32,80	18,20	25,80	29,00	32,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,50	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	55,0	6,40	2,40	5,20	11,80	0,20	28,00	19,00	Virtualmente ausentes
Turbidez (NTU)	103,0	5,30	8,80	16,50	4,40	7,13	17,00	16,00	40
Cor aparente (mg Pt/L)	30,0	2,50	5,00	5,00	2,50	5,00	10,00	10,00	Nível da cor natural do corpo de água
Manganês Total (mg/L)	0,68	< 0,05	< 0,05	0,09	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09	0,1

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Os pontos 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, no mês de março de 2013 (chuvoso), e os pontos 1, 2, 5, 7 e 8, no mês de setembro de 2013 (seco), apresentaram teores de oxigênio dissolvido abaixo do limite mínimo de aceitação para a classe 2, “não inferior a 5 miligramas por litro (mgO_2/L)”, conforme pode ser observado na Figura 28 a seguir.

FIGURA 28 - Gráfico comparativo dos teores de Oxigênio Dissolvido no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.

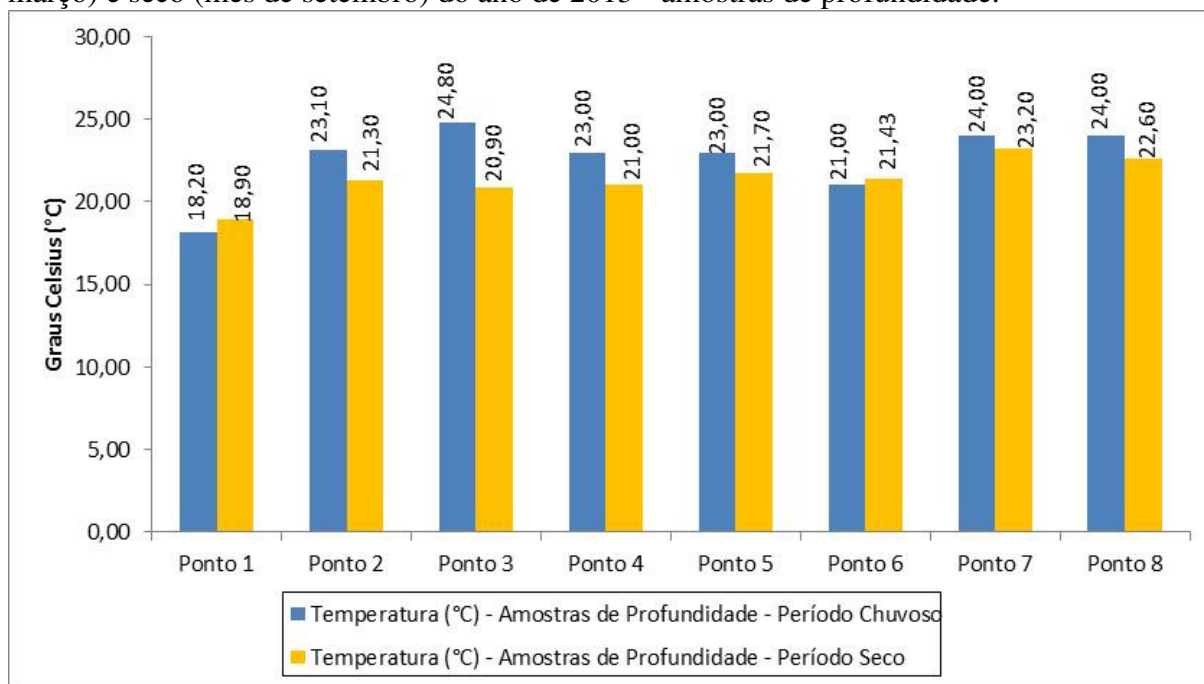


Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Considerando que os teores de oxigênio dissolvido para a classe 3 e 4 são, respectivamente, “não inferiores a 4 miligramas por litro” e “não inferiores a 2 miligramas por litro”, no período chuvoso os pontos 4 e 5 se enquadrariam na classe 3 e os pontos 1, 3, 6, 7 e 8 na classe 4. Já no período seco os pontos 5 e 7 se enquadrariam na classe 4, o ponto 8 na classe 3. O ponto 1 e 2 apresentaram teores de oxigênio dissolvido abaixo do mínimo definido para a classe quatro 4.

Assim como observado nos resultados da amostragem superficial, os resultados de temperatura observados no mês de março mostraram-se maiores do que no mês de setembro. Os pontos 1 e 6 foram os únicos com temperatura maior no mês de setembro (Figura 29).

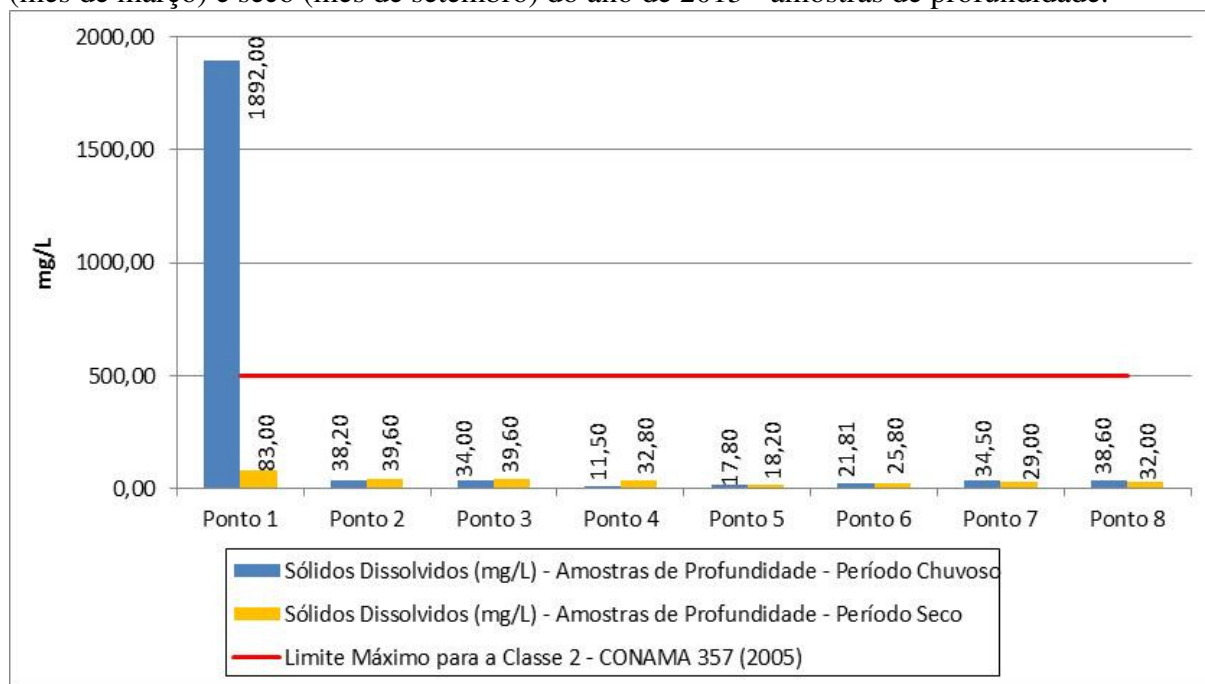
FIGURA 29 - Gráfico comparativo dos valores de Temperatura no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

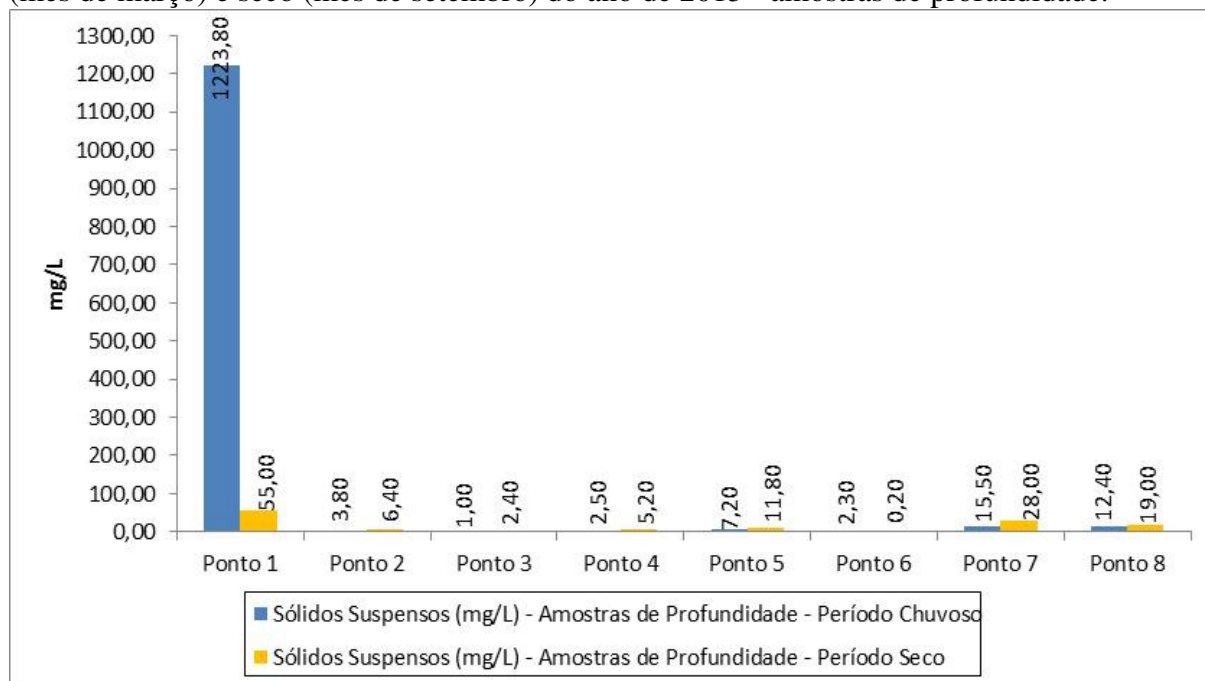
O ponto 1 apresentou, no período chuvoso, elevada concentração de sólidos dissolvidos e suspensos totais, como pode ser observado, respectivamente, nas Figuras 30 e 31.

FIGURA 30 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Dissolvidos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

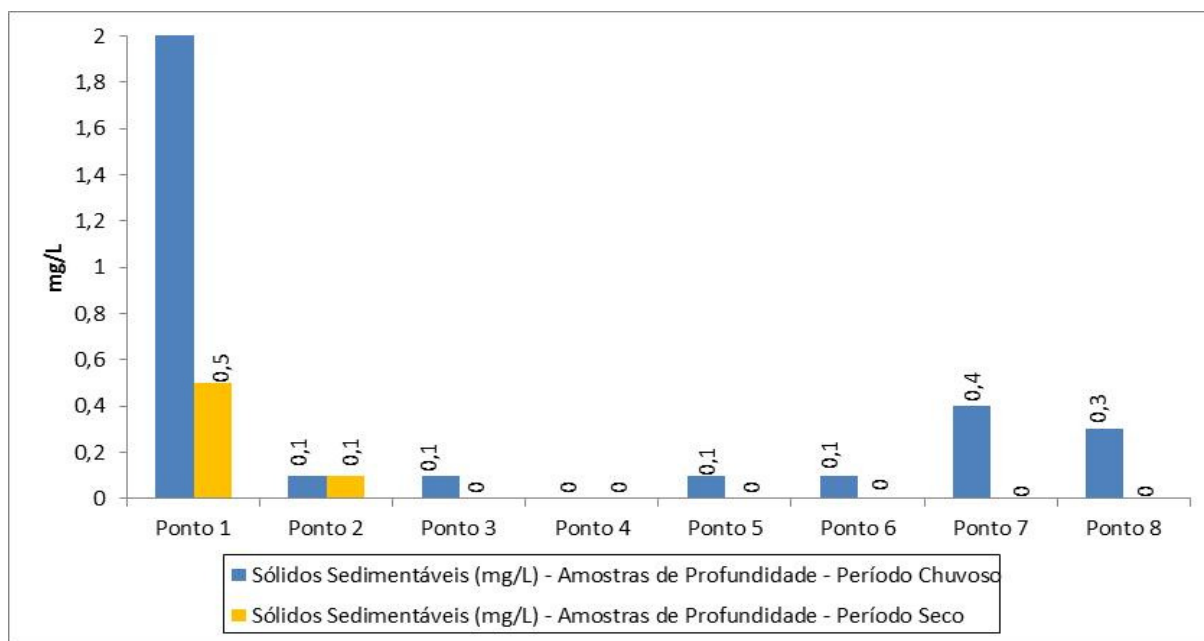
FIGURA 31 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Suspensos no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

No período chuvoso, os pontos um 1 (2,5 mg/L) e 7 (0,4 mg/L) e o ponto 1 no período seco, 0,5 mg/L, tiveram resultados de sólidos sedimentáveis não condizentes com o padrão “virtualmente ausentes”, descrito pela legislação (Figura 32).

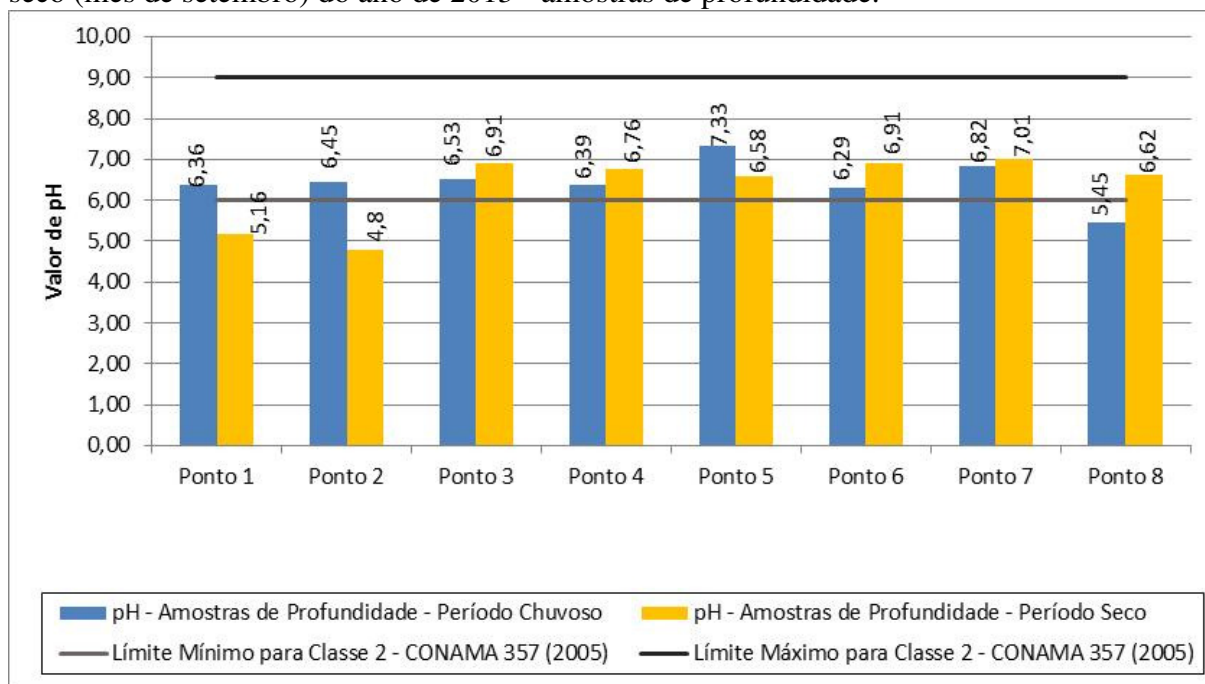
FIGURA 32 - Gráfico comparativo dos valores de Sólidos Sedimentáveis no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Os valores de pH do ponto 5 no mês de março (chuvoso), 1 e 2 no mês de setembro (seco) apresentaram inferiores ao limite mínimo preconizado pela legislação, de 6, como podem ser observados na Figura 33 a seguir.

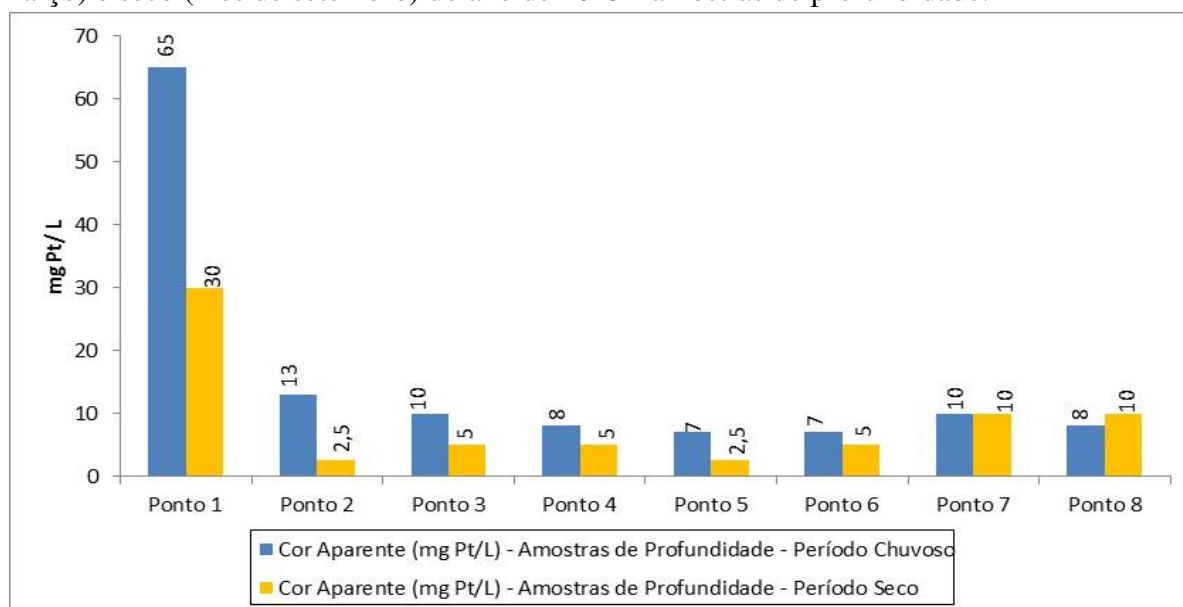
FIGURA 33 - Gráfico comparativo dos valores de pH no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

O valor de Cor Aparente no ponto 1, tanto no período chuvoso quanto no seco, foi superior aos valores encontrados nos demais locais de amostragem (Figura 34).

FIGURA 34 - Gráfico comparativo dos valores de Cor Aparente no período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013 - amostras de profundidade.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

O ponto 1 também apresentou teor de manganês (0,14 mg/L no período chuvoso e 0,68 mg/L no período seco) acima do limite que é de 0,10 mg/L, aceitável para a classe 2.

Analizando e correlacionando os pontos de amostras de superfície e as de profundidade, nos meses de março e setembro de 2013, conclui-se que houve variação espaço temporal para alguns parâmetros analisados.

Outras determinações físicas, químicas e biológicas foram realizadas, porém estas não apresentaram resultados significativos, ou que ultrapassassem os limites de aceitação estabelecidos pela legislação. Os resultados destas determinações podem ser verificados nos apêndices A, B, C e D.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o mês de março (período chuvoso) apresentou, para as amostras superficiais e de profundidade, de maneira geral, menor teor de oxigênio dissolvido, maior temperatura, maiores teores de sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos sedimentáveis, cor com valores elevados e pH mais próximo da faixa do neutro.

Dentre os pontos de amostragem analisados, o ponto 1 foi o que evidenciou os maiores teores sólidos na água, contribuindo assim com o aporte de sedimentos para o lago de Nova Ponte.

A variação dos teores de oxigênio dissolvido está relacionada principalmente à presença de matéria orgânica e à temperatura.

Os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), tanto no mês de março quanto no mês de setembro, foram abaixo do limite de 5 mg/L. Este fato comprova que a DBO não influenciou nos baixos teores de oxigênio observados.

Correlacionando os resultados de oxigênio dissolvido com os de temperatura, nota-se que, em termos gerais, não houve uma correlação direta. Nem sempre os pontos e períodos de maiores temperaturas apresentaram menores teores de oxigênio dissolvido.

Sabe-se que outros fatores podem afetar no déficit de oxigênio dissolvido em um corpo de água, entre eles a presença de algas, reações químicas na água, a presença de sais.

Acredita-se que estes fatores foram os responsáveis pelos baixos teores de oxigênio dissolvido encontrados.

6.1.3 Cálculo do Índice de Qualidade das Águas (IQA)

As Tabelas 21 e 22 a seguir apresentam os resultados dos parâmetros de análises utilizados para determinação dos índices de qualidade de água referentes aos períodos chuvoso e seco do ano de 2013.

TABELA 21 - Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 – amostras de superfície.

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrogênio Total (mg/L)	1,29	1,29	1,50	1,84	1,94	2,39	1,39	1,40
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	2,69	5,5	4,50	4,20	4,60	3,50	3,50	3,70
pH	6,24	6,56	6,52	6,54	7,14	7,34	6,67	7,75
Sólidos Totais (mg/L)	2052,00	38,00	29,00	20,00	28,00	9,00	33,00	29,00
Temperatura (°C)	18,2	24,2	24,6	25,7	23,6	23,0	25,0	25,5
Turbidez (NTU)	5,00	3,00	3,00	4,00	5,00	7,00	5,00	5,00
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	121	5	0	50	4	12	1	3

Fonte: Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 22 - Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostras de superfície.

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,60	3,40
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrogênio Total (mg/L)	0,56	1,11	0,56	1,11	2,22	1,67	0,56	0,68
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	3,76	1,89	6,35	7,08	4,90	6,70	4,95	7,67
pH	5,00	5,50	7,21	7,2	6,87	7,16	6,71	7,71
Sólidos Totais (mg/L)	44,00	33,00	36,00	28,00	27,00	28,00	28,00	33,00
Temperatura (°C)	19,10	22,60	22,60	23,32	22,20	23,60	23,30	23,40
Turbidez (NTU)	12,80	5,80	4,70	4,70	5,10	7,50	6,50	5,50
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	7	0	0	38	14	1	1	6

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

A Tabela 23 e a Figura 35 mostram os Índices de Qualidade da Água nos dois períodos analisados, chuvoso e seco, do ano de 2013.

Nota-se que de um período para outro, o índice foi alterado nos pontos 2, 3, 6 e 7.

No lago de Nova Ponte, o ponto 1 “Cabeceira da UHE de Nova Ponte – rio Quebra Anzol” manteve-se classificado como “Razoável”, de um período para outro. Já os pontos 2 “UHE de Nova Ponte – rio Quebra Anzol – Próximo da balsa de Pedrinópolis” e 3 “UHE de Nova Ponte – rio Quebra Anzol – A jusante da ponte sentido Santa Juliana” tiveram alterações, respectivamente de “Ótima” para “Ruim”, e de “Boa” para “Ótima”. O ponto 4 “UHE de Nova Ponte – rio Quebra Anzol – A jusante da ponte sentido Santa Juliana” obteve a mesma classificação, tanto no mês de março (chuvoso) quanto no mês de setembro (seco): “Boa”.

O lago de Miranda, de uma estação para outra (chuvosa para seca), apresentou uma melhora no Índice de Qualidade da Água nos pontos 6 “UHE de Miranda – rio Araguari – A jusante de Indianópolis”, passando de “Boa” para “Ótima”, e 7 “UHE de Miranda – rio Araguari – Próximo a barragem da UHE de Miranda”: classificação de “Boa” para “Ótima”. Os pontos 5 e 8 mantiveram as suas respectivas classificações de uma estação para outra: “Ótima” e “Boa”, respectivamente.

Observa-se que os baixos teores de oxigênio dissolvidos, as altas concentrações de sólidos totais e coliformes totais contribuíram para que o decréscimo dos índices de qualidade da água.

TABELA 23– Resultados e enquadramentos do IQA – períodos chuvoso(mês de março) e seco (mês de setembro) de 2013.

Pontos de amostragem	Período Chuvoso		Período Seco	
	Resultado do IQA	Classificação do IQA segundo critérios utilizados para o Estado de Minas Gerais	Resultado do IQA	Classificação do IQA segundo critérios utilizados para o Estado de Minas Gerais
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol	56	Razoável	62	Razoável
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio	99	Ótima	35	Ruim
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis	85	Boa	91	Ótima
Ponto 4 –UHE de Nova Ponte – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana	82	Boa	83	Boa
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob	96	Ótima	91	Ótima
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis	72	Boa	91	Ótima
Ponto 7 –UHE de Miranda – rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas	77	Boa	100	Ótima
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda	88	Boa	88	Boa

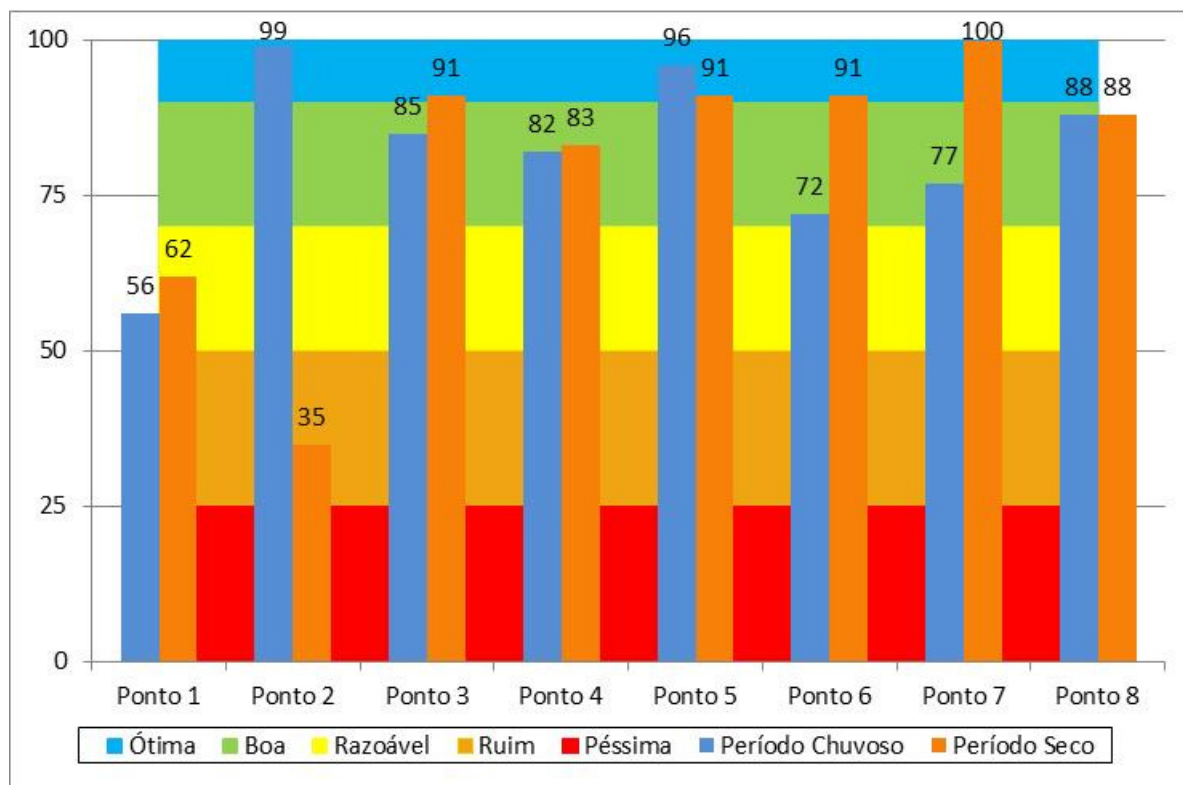
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

QUADRO 3 – Quadro de referência para a classificação do Índice de Qualidade da Água.

Faixas de IQA	Avaliação da Qualidade da Água
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: ANA (2013).

FIGURA 35 - Gráfico comparativo dos Índices de Qualidade de Água nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

6.1.4 Cálculo do Índice de Estado Trófico (IET)

O Índice de Estado Trófico (IET) representou o grau de trofia dos lagos nos período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, evidenciando a qualidade da água em relação ao enriquecimento de nutrientes e seus efeitos para o processo de eutrofização.

De acordo com o observado na Tabela 24 a seguir, no período chuvoso, apenas o ponto 1 apresentou a classificação diferenciada dos demais pontos de amostragem, denominada como “Supereutrófico”. Em relação ao período seco (Tabela 22), o ponto 1 foi classificado como “Eutrófico”, os pontos 2, 3, 4, 5 e 6 como “Mesotrófico” e os pontos 7 e 8 como “Oligotrófico”.

Sabe-se que os reservatórios “Supereutrófico” são caracterizados por corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência. Este fato pode ser observado pela baixa transparência da água, 30 centímetros, no mês de março de

2013, enquanto para os demais pontos (2 a 8), respectivamente 2, 3, 4, 2, 2, 4 e 5 metros. A pequena transparência da água influenciou diretamente no valor médio do IET do ponto 1.

No mês de setembro (período seco), o ponto 1 apresentou transparência melhor quando comparada com a do mês de março, um (1) metro. Esta transparência influenciou diretamente na mudança de classe do estado trófico de “Supereutrófico” para “Eutrófico”.

Corpos de água denominados “Eutróficos” têm alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência.

Os pontos de amostragem, 2, 3, 4, 5, 6, nos meses de março e setembro de 2013, e os pontos 7 e 8 de março foram classificados como “Mesotróficos”. Assim sendo, são considerados como corpos de água com produtividade intermediária e qualidade da água impactada em níveis aceitáveis.

Observa-se, na Figura 36, que os pontos de amostragem 1, 7 e 8 evoluíram no seu grau de trofia de uma estação para outra. No período chuvoso, o grau de trofia para os pontos citados foi maior do que no período seco.

TABELA 24 – Resultados e enquadramento do IET – período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.

Pontos de amostragem	Período Chuvoso – Mês de março		Período Seco – Mês de Setembro	
	Resultado do IET Médio	Classificação do IET segundo critérios utilizados por Lamparelli (2004) para classificação de reservatórios	Resultado do IET Médio	Classificação do IET segundo critérios utilizados por Lamparelli (2004) para classificação de reservatórios
Ponto 1 – Cabeceira da UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol	66,80	Supereutrófico	61,92	Eutrófico
Ponto 2 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol - Próximo da ponte sentido Perdizes - Patrocínio	58,92	Mesotrófico	55,32	Mesotrófico
Ponto 3 – UHE de Nova Ponte – Rio Quebra Anzol – A Jusante da balsa de Pedrinópolis	56,97	Mesotrófico	54,25	Mesotrófico
Ponto 4 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante da ponte sentido Santa Juliana	55,58	Mesotrófico	53,37	Mesotrófico
Ponto 5 – Cabeceira da UHE de Miranda – Rio Araguari – Reserva de Jacob	57,19	Mesotrófico	53,37	Mesotrófico
Ponto 6 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A jusante de Indianópolis	58,92	Mesotrófico	53,37	Mesotrófico
Ponto 7 –UHE de Miranda – Rio Araguari – A Jusante do Ribeirão das Furnas	53,86	Mesotrófico	47,91	Oligotrófico
Ponto 8 –UHE de Miranda – Rio Araguari – Próximo da barragem da UHE Miranda	54,51	Mesotrófico	47,54	Oligotrófico

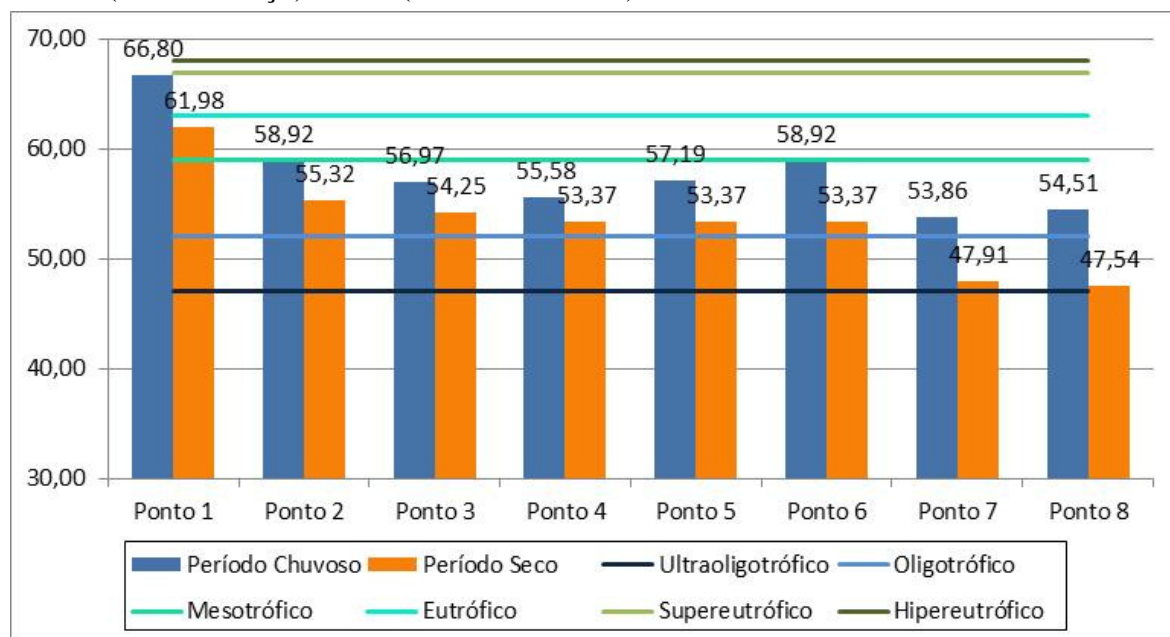
Fonte: Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

QUADRO 4 – Quadro de referência para a classificação do Índice do Estado Trófico

Valor do IET	Classes de Estado Trófico
= 47	Ultraoligotrófico
47<IET= 52	Oligotrófico
52 <IET= 59	Mesotrófico
59<IET=63	Eutrófico
63<IET=67	Supereutrófico
> 67	Hipereutrófico

Fontes: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004, p. 168).

FIGURA 36 - Gráfico comparativo dos Índices de Estado Trófico da Água nos período chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Correlacionando os resultados de IET com os de Oxigênio Dissolvido, abordados no item 6.1.2.2, nota-se que os teores baixos de oxigênio podem estar relacionados com a presença de algas, visto que a maioria dos pontos de amostragem apresentou-se como mesotróficos, caracterizados como corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações na qualidade da água.

6.2 Análises do sedimento

6.2.1. Caracterização física

Os resultados das análises granulométricas são observados nas Tabelas 25 e 26 e na Figura 37 a seguir, com pequenas alterações entre os meses de março e setembro.

Observou-se que o sedimento é composto por frações de areia grossa, média e fina, argila e silte. Apenas o ponto 6, no período chuvoso (mês de março), apresentou a fração pedregulho.

Nota-se que a fração areia grossa foi a mais abundante em quase todos os pontos de amostragem, nos dois períodos analisados (chuvoso e seco), com exceção dos pontos 1 e 5, em que a fração areia fina foi superior às outras frações.

A fração areia fina foi a segunda mais abundante, com exceção do ponto 4 que, no período chuvoso, apresentou valores mais elevados de areia média.

A fração argila foi superior a de silte espacial - temporalmente para todos os pontos de amostragem.

Sabe-se que o deslocamento de partículas de diâmetro maior (areia média e grossa) em um corpo de água, apresenta acentuado efeito erosivo ao longo do seu percurso, incrementando pelas precipitações, características do período chuvoso.

As frações mais importantes nas avaliações sobre a contaminação de sedimentos por substâncias químicas são a argila e o silte. Estas partículas de menor tamanho possuem maior potencial de adsorção de metais.

Baixos teores destes elementos indicam que, no período chuvoso, o processo de adsorção não estava acentuado.

TABELA 25 – Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013 (mês de março).

Ensaio	Ponto 1 (5 m)	Ponto 2 (14 m)	Ponto 3 (51m)	Ponto 4 (53m)	Ponto 5 (12m)	Ponto 6 (29m)	Ponto 7 (41m)	Ponto 8 (51m)
Densidade (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Densidade aparente (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Areia fina 0,125 mm (%)	25,51	17,93	9,94	4,77	22,94	17,48	5,55	5,30
Areia grossa 2 mm (%)	0	0	9,83	0	0	0	0	0
Areia grossa 1 mm (%)	0	44,57	45,78	56,69	10,17	16,59	65,55	46,41
Areia grossa 0,500 mm (%)	15,15	19,86	14,34	24,39	11,53	9,89	16,40	30,50
Areia média 0,250 mm (%)	15,96	10,06	11,20	9,81	11,16	17,98	8,67	14,11
Areia muito fina 0,063 mm (%)	43,05	7,25	8,47	2,88	43,27	9,19	3,16	2,37
Areia total (g/kg)	99,67	99,67	99,56	98,54	99,07	71,13	99,33	98,69
Argila < 0,004 mm (%)	0,2275	0,2040	0,2965	0,92	0,57	0,05	0,43	0,84
Silte 0,004 mm (%)	0,0972	0,1106	0,1463	0,54	0,38	0,03	0,24	0,46
Argila + Silte (%)	0,3247	0,3146	0,4428	1,46	0,95	0,08	0,67	1,30
Pedregulho fino 4 mm	0	0	0	0	0	12,09	0	0
Pedregulho muito fino 2 mm	0	0	0	0	0	16,79	0	0

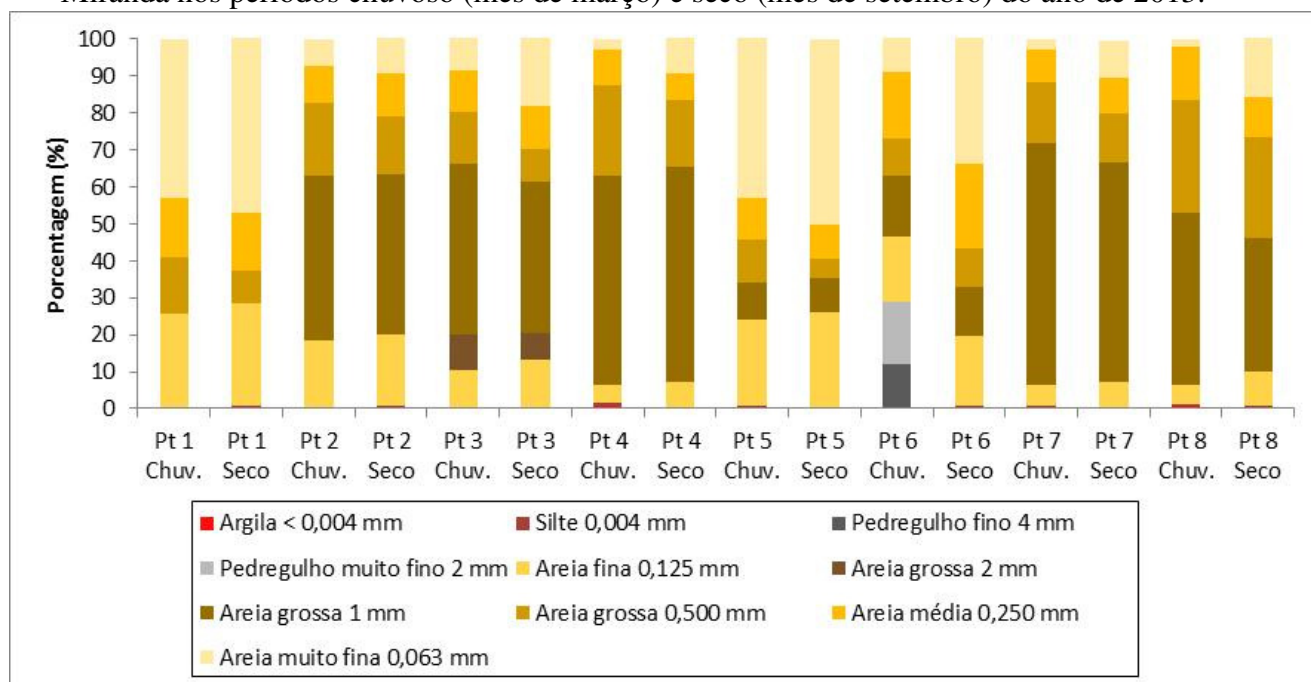
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 26 – Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período seco de 2013 (mês de setembro).

.Ensaio	Ponto 1 (5 m)	Ponto 2 (14 m)	Ponto 3 (51m)	Ponto 4 (53m)	Ponto 5 (12m)	Ponto 6 (29m)	Ponto 7 (41m)	Ponto 8 (51m)
Densidade (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Densidade aparente (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Areia fina 0,125 mm (%)	27,64	19,32	12,8	6,73	25,67	19,11	6,95	9,21
Areia grossa 2 mm (%)	0	0	7,15	0	0	0	0	0
Areia grossa 1 mm (%)	0	43,56	40,76	58,02	9,2	13,1	59,64	36,16
Areia grossa 0,500 mm (%)	8,83	15,45	8,81	18,01	5,28	10,34	13,03	27,09
Areia média 0,250 mm (%)	15,96	11,65	11,58	7,21	9,09	22,76	9,71	11,17
Areia muito fina 0,063 mm (%)	47,01	9,54	18,46	9,7	50,16	34,52	10,02	15,79
Areia total (g/kg)	99,44	99,52	99,56	99,67	99,4	99,83	99,35	99,42
Argila < 0,004 mm (%)	0,5132	0,3022	0,3221	0,2546	0,4804	0,0732	0,4763	0,34
Silte 0,004 mm (%)	0,1021	0,2156	0,1713	0,1359	0,1907	0,05023	0,2177	0,28
Argila + Silte (%)	0,6153	0,5178	0,4934	0,3905	0,6711	0,12343	0,71	0,62
Pedregulho fino 4 mm	0	0	0	0	0	0	0	0
Pedregulho muito fino 2 mm	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 37 – Composição granulométrica do sedimento dos reservatórios de Nova Ponte e Miranda nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

6.2.2. Caracterização química

A interpretação dos ensaios realizados para a matriz de amostra de sedimentos foi realizada com base nos níveis de alerta definidos pela Resolução do CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012 (CONAMA, 2012).

Segundo esta resolução, o nível 1 é considerado o limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota e o nível 2 é o limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Analizando as Tabelas 27 e 28 a seguir, observa-se que foi detectada a presença dos metais cádmio total, chumbo total, cobre total, cromo total, níquel total e zinco total nos sedimentos dos lagos de Nova Ponte e Miranda, para todos os pontos de amostragem e nas duas estações analisadas (chuvosa – mês de março e seca – mês de setembro) do ano de 2013.

As concentrações de cádmio total excederam o limite definido pela legislação para o nível 2 (3,5 mg/kg), em todos os pontos de amostragem, no período chuvoso (mês de março) e no período seco (mês de setembro), com exceção do ponto 1 no mês de março e no ponto 5 no mês de setembro que tiveram concentrações superiores a apenas o nível 1 (0,6 mg/kg). A concentração de cádmio no ponto 1 no mês de setembro não ultrapassou nenhum dos níveis de aceitação.

Os teores de chumbo total encontrados foram inferiores aos níveis de controle estabelecidos pela legislação (Nível 1 = 35 mg/kg; Nível 2 = 91,3 mg/kg).

Quanto ao cobre total nos sedimentos, observou-se que nos pontos 2, 3, 4, 5 no mês de março e os pontos 6, 7 e 8 no mês de setembro, as concentrações superaram o limite do nível 1. O ponto 1, nos meses de março e setembro, e o ponto 5, no mês de setembro, mostraram resultados abaixo dos níveis legais (Nível 1 = 35,7 mg/kg; Nível 2 = 197 mg/kg).

Em relação ao cromo total, no mês de março, os valores encontrados superaram o nível 1, de 37,3 mg/kg, nos pontos de amostragem 1, 4, 5 e 6, e o nível 2, de 90 mg/kg, nos pontos 2, 3, 7 e 8. Já no mês de setembro, com exceção do ponto 1, que teve o resultado abaixo dos níveis legais, os pontos 2, 3, 4, 5, 7 e 8 ultrapassaram o nível 1 e o ponto 6 o nível 2.

O níquel total foi superior ao nível 1, de 18 mg/kg, no mês de março para os pontos 1 e 6, e no mês de setembro para os pontos 2, 3, 6 e 8. Os pontos 2, 3, 4, 5 e 7 no mês de março e o ponto 7 no mês de setembro excederam o nível 2, de 35,9 mg/kg. Os pontos 1 e 5 no mês de setembro apresentaram resultados dentro dos níveis de aceitação.

As concentrações de zinco total mostraram-se superiores ao nível 1, de 123 mg/kg, somente nos pontos 3, 6 e 7 no mês de março. Os demais pontos não apresentaram resultados acima dos níveis preconizados pela legislação.

Os valores de nitrogênio total e fósforo total foram inferiores aos padrões máximos de aceitação definidos, respectivamente 2000 (mg/kg) e 4800 (mg/kg).

Já o carbono orgânico total apresentou resultados superiores ao padrão estabelecido, de 10 (%), para quase todos os pontos de amostragem, no mês de setembro. O ponto 5 deste mês e todos os pontos no mês de março apresentaram resultados inferiores a 10 %.

Quando se compara os valores de carbono orgânico total e fósforo total, no período seco, verifica-se que as porcentagens são relativamente maiores.

Para os sedimentos, além dos ensaios citados anteriormente, foram realizados ensaios para verificar a presença de pesticidas e o ensaio de arsênio total. Todos os resultados apresentaram-se satisfatórios aos padrões estabelecidos pela legislação (Apêndices E e F).

TABELA 27 – Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013.

Ensaio	Ponto 1 (5 m)	Ponto 2 (14 m)	Ponto 3 (51m)	Ponto 4 (53m)	Ponto 5 (12m)	Ponto 6 (29m)	Ponto 7 (41m)	Ponto 8 (51m)	Nível 1	Nível 2
Cádmio Total (mg/Kg)	3,00	6,00	10,00	6,00	6,00	11,00	11,00	7,00	0,6 ¹	3,5 ¹
Chumbo Total (mg/Kg)	21,00	37,00	25,00	21,00	26,00	18,00	21,00	21,00	35 ¹	91,3 ¹
Cobre Total (mg/Kg)	32,08	66,00	109,00	79,00	67,00	137,00	120,00	93,00	35,7 ¹	197 ¹
Cromo Total (mg/Kg)	83,00	127,00	101,00	81,00	86,00	68,00	112,00	93,00	37,3 ¹	90 ¹
Níquel Total (mg/Kg)	22,00	43,00	46,00	48,00	39,00	31,00	51,00	43,00	18 ¹	35,9 ¹
Zinco Total (mg/Kg)	71,00	88,00	170,00	119,00	119,00	199,00	132,00	122,00	123 ¹	315 ¹
Fósforo Total (mg/Kg)	5,80	6,80	3,80	3,80	ND	5,20	3,50	ND	2000	
Nitrogênio Total (mg/Kg)	0,06	0,17	0,08	ND	ND	0,3	0,14	ND	4800	
Carbono Orgânico Total (%)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	10	

Legenda: (NA) = Não Aplicável; (ND) = Não Detectado; (¹) *Environmental Canada. Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*, 2002.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

TABELA 28 – Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período seco de 2013.

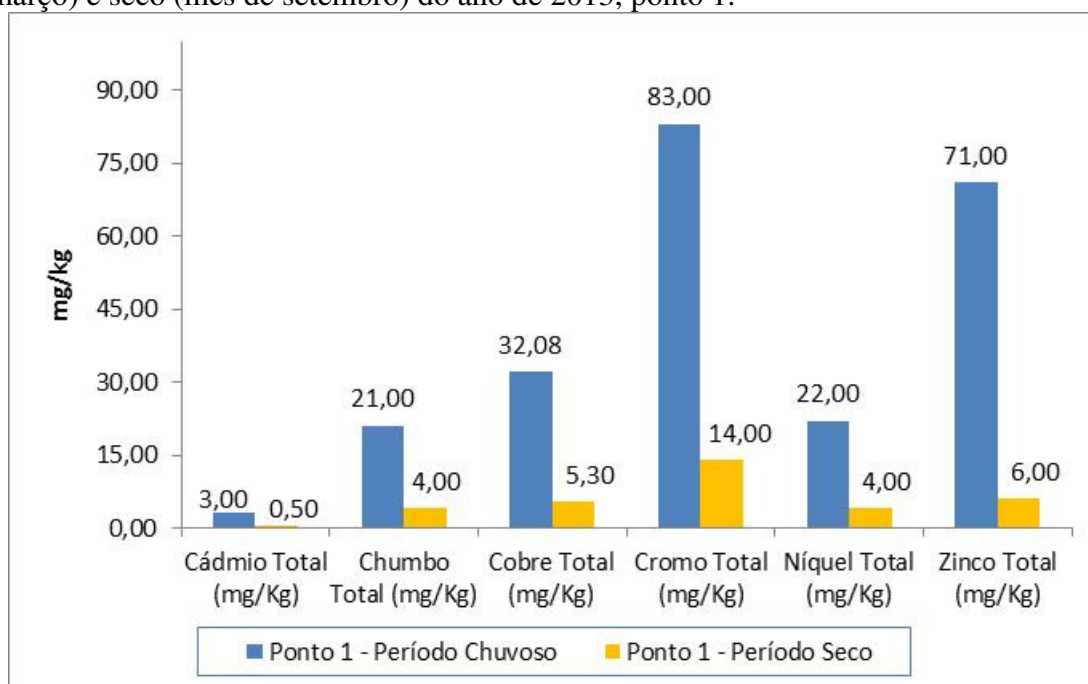
Ensaio	Ponto 1 (5 m)	Ponto 2 (14m)	Ponto 3 (51m)	Ponto 4 (53m)	Ponto 5 (12m)	Ponto 6 (29m)	Ponto 7 (41m)	Ponto 8 (51m)	Nível 1	Nível 2
Cádmio Total (mg/Kg)	0,50	4,00	6,00	5,00	1,00	4,00	8,00	8,00	0,6 ¹	3,5 ¹
Chumbo Total (mg/Kg)	4,00	21,00	15,00	21,00	6,00	11,00	18,00	13,00	35 ¹	91,3 ¹
Cobre Total (mg/Kg)	5,30	37,00	64,00	67,00	9,00	47,00	82,00	70,00	35,7 ¹	197 ¹
Cromo Total (mg/Kg)	14,00	72,00	77,00	88,00	46,00	103,00	80,00	72,00	37,3 ¹	90 ¹
Níquel Total (mg/Kg)	4,00	22,00	34,00	39,00	11,00	22,00	36,00	35,00	18 ¹	35,9 ¹
Zinco Total (mg/Kg)	6,00	52,00	93,00	75,00	15,00	45,00	73,00	75,00	123 ¹	315 ¹
Fósforo Total (mg/Kg)	18,20	25,00	21,80	18,60	21,00	12,20	10,20	11,00	2000	
Nitrogênio Total (mg/Kg)	0,03	0,13	0,07	0,03	ND	0,03	0,11	ND	4800	
Carbono Orgânico Total (%)	13,34	15,08	25,52	20,30	6,96	21,46	30,16	29,00	10	

Legenda: (NA) = Não Aplicável; (ND) = Não Detectado; (¹) *Environmental Canada. Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2002.*

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

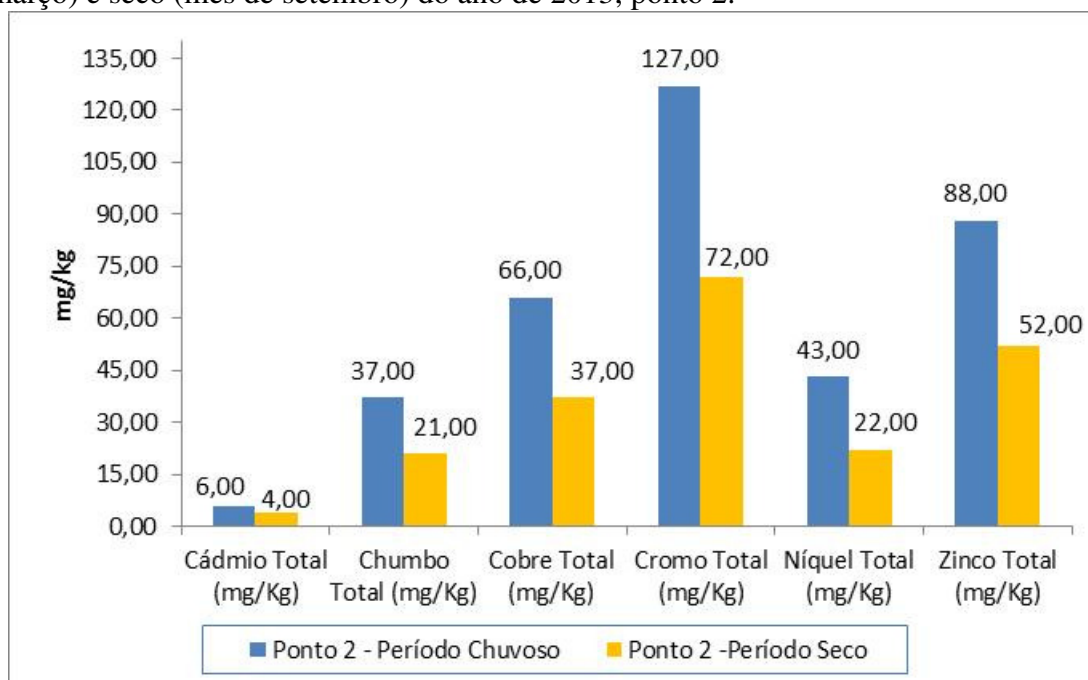
Observa-se, nas Figuras 38, 39 e 40 a seguir, que nos pontos 1, 2 e 3 as concentrações de metais no sedimento mostraram-se superiores no período chuvoso quando comparados ao período seco.

FIGURA 38 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 1.



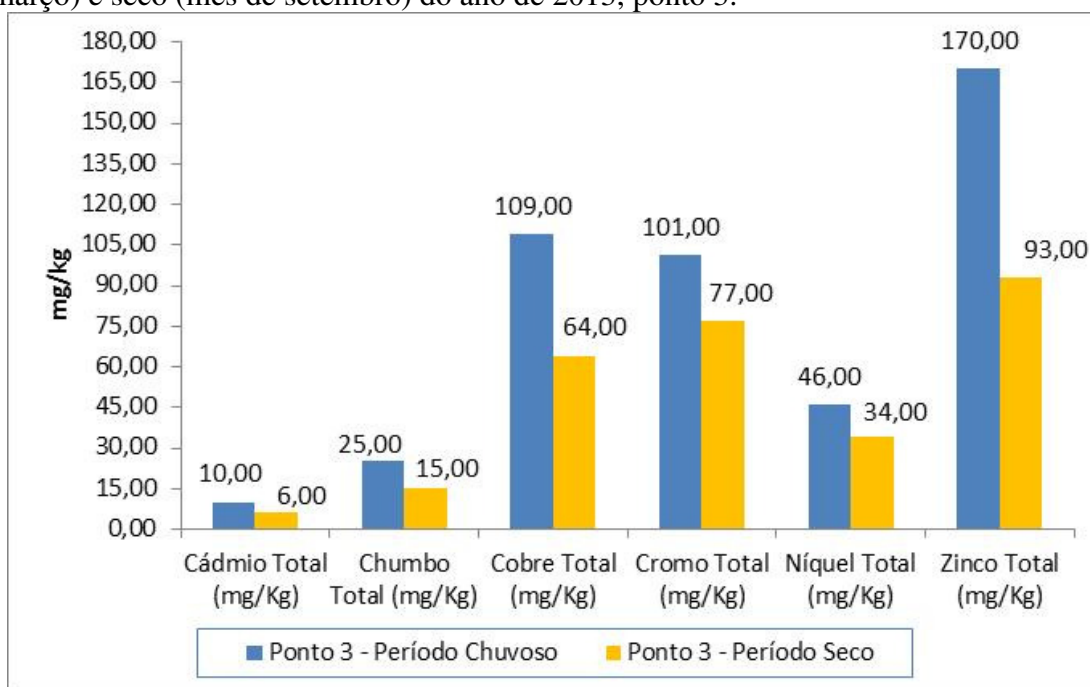
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 39 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 2.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

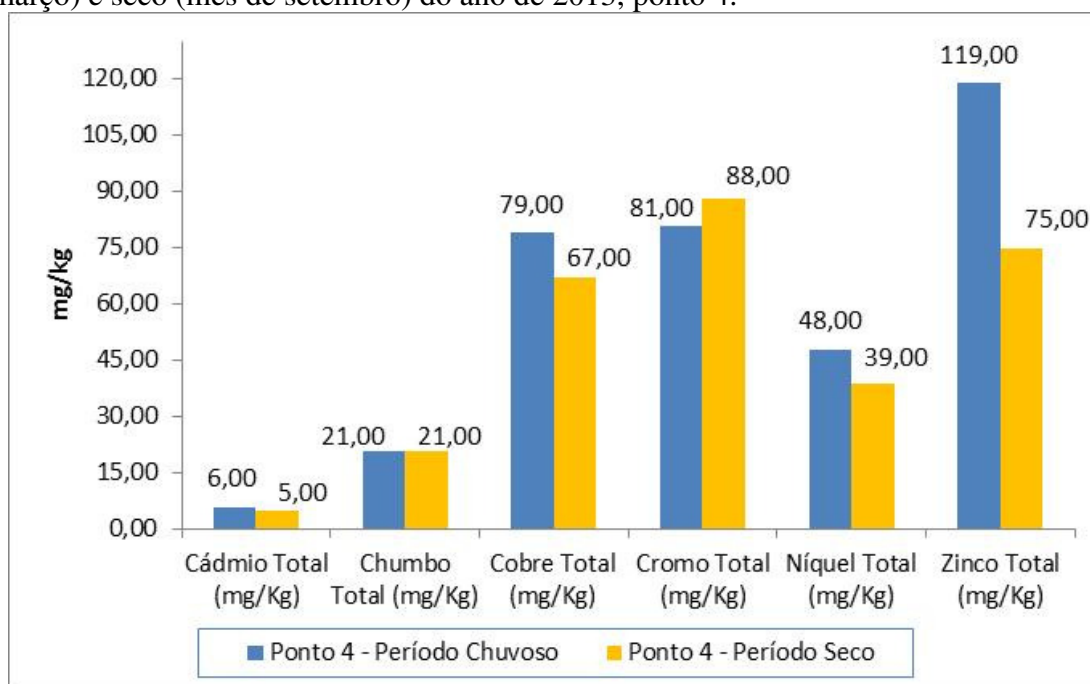
FIGURA 40 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 3.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

O ponto 4 apresentou concentrações de cádmio total, cobre total, níquel total e zinco total, no período chuvoso, superiores ao período seco. O valor de cromo total foi maior no período seco do que no período chuvoso e as concentrações de chumbo total não variaram de uma estação para outra, conforme visto na Figura 41 a seguir.

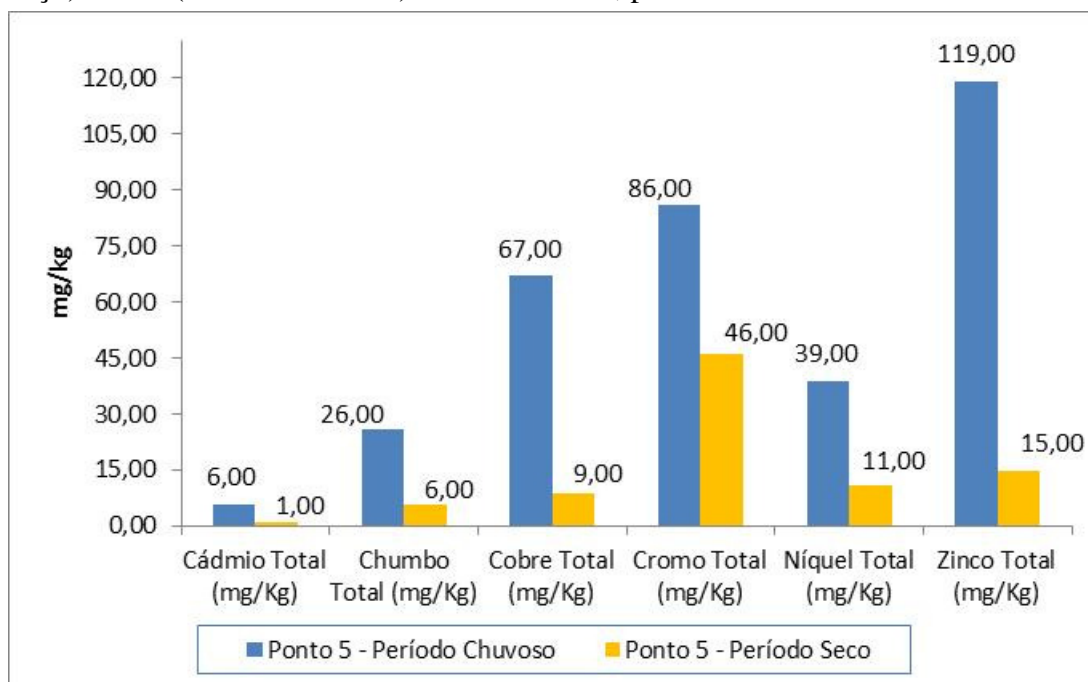
FIGURA 41 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 4.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

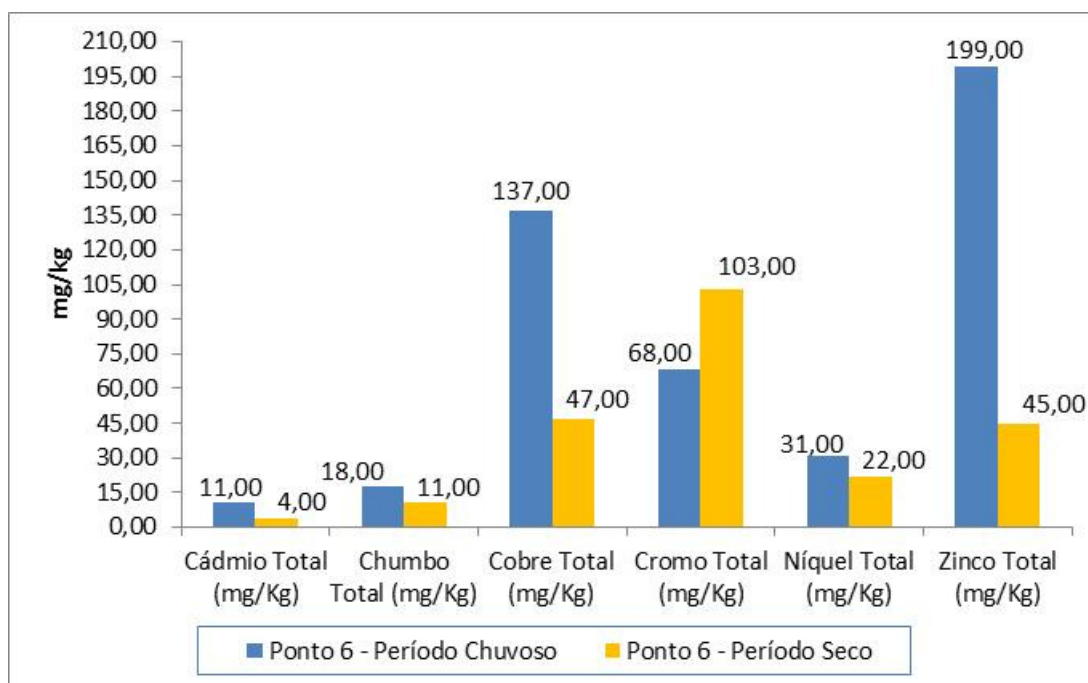
Os pontos 5, 6, 7 e 8 apresentaram as maiores concentrações de cádmio total, chumbo total, cobre total, cromo total, níquel total e zinco total, no período chuvoso, como pode ser observado nas Figuras 42, 43, 44 e 45, a seguir. A única exceção foi o ponto 8, no período seco, que apresentou concentração de cádmio total maior do que no período chuvoso.

FIGURA 42 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 5.



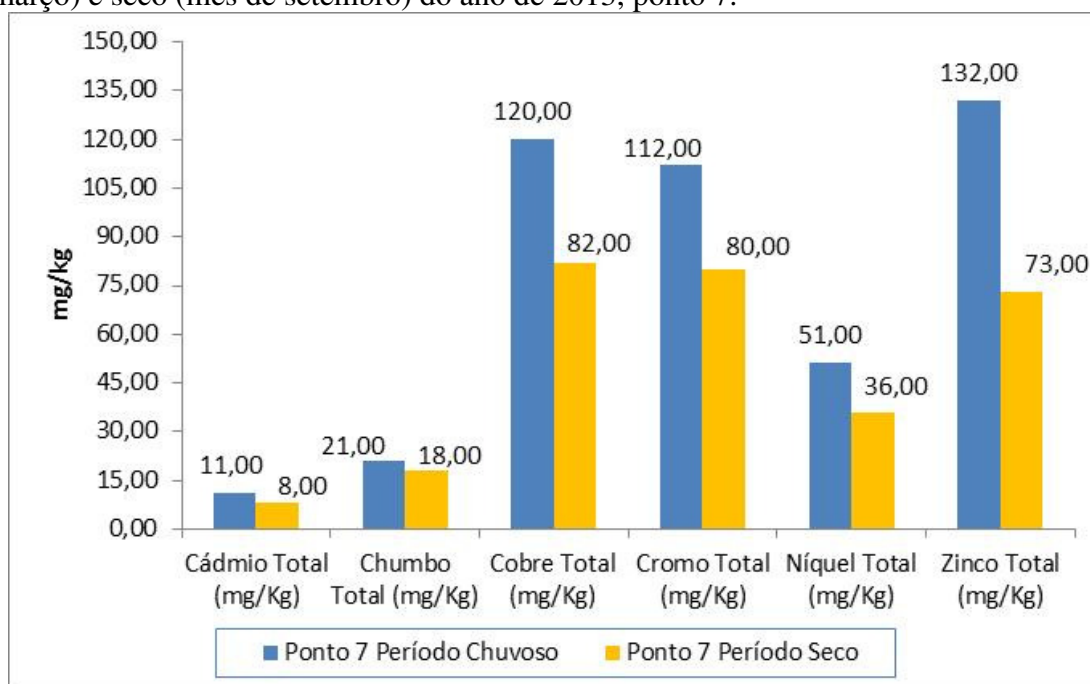
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 43 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 6.



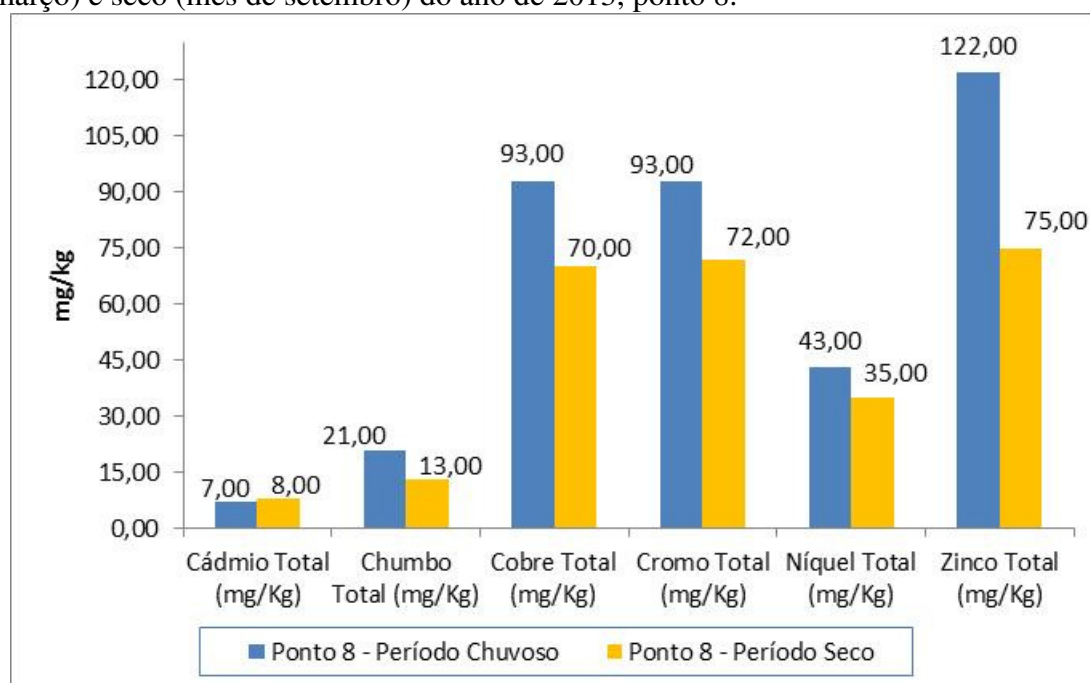
Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 44 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 7.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

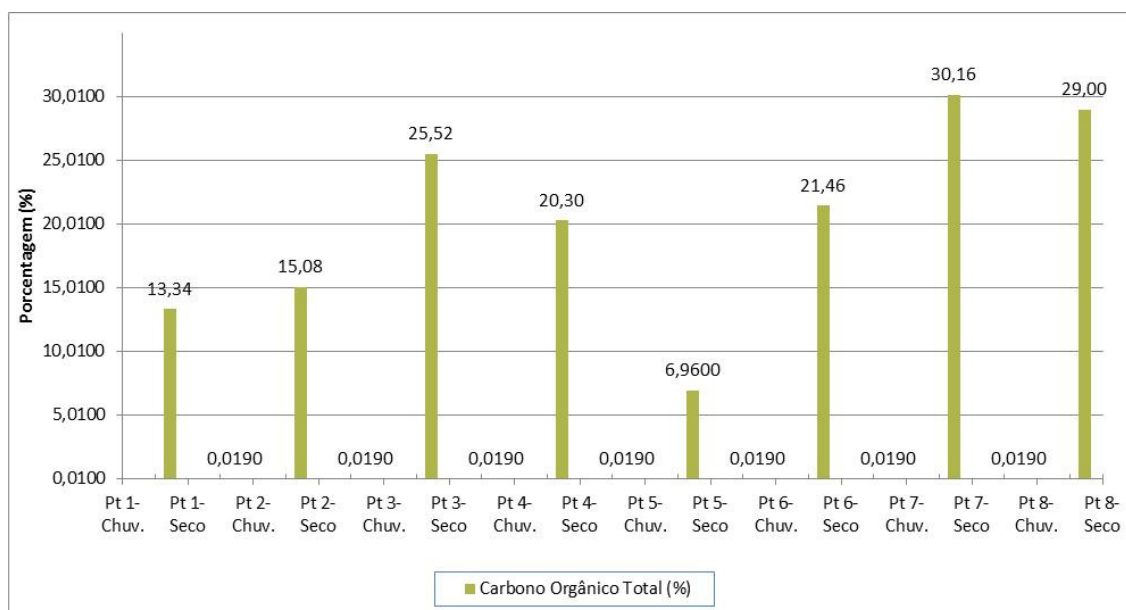
FIGURA 45 - Gráfico comparativo das concentrações de metais nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013, ponto 8.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

O período chuvoso, no mês de setembro de 2013, apresentou em sua maioria concentrações de carbono orgânico total superiores ao limite de aceitação estabelecido de 10 %. O único ponto que não excedeu o limite foi o ponto 5, conforme pode ser observado na Figura 46 abaixo. O período seco apresentou resultados inferiores a 0,02 %.

FIGURA 46 - Gráfico comparativo dos teores de carbono nos períodos chuvoso (mês de março) e seco (mês de setembro) do ano de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

De acordo com Esteves (1998), o sedimento é classificado em orgânico e inorgânico, dependendo do teor de matéria orgânica que contém. Para ser considerado orgânico deve possuir mais de 10 % matéria orgânica em seu peso seco. Considerando que o parâmetro carbono orgânico total tem relação direta com o teor de matéria orgânica, observa-se que o sedimento do período chuvoso apresentou características inorgânicas enquanto que o sedimento do período seco mostrou-se orgânico, com exceção do ponto 5.

Diante dos dados apresentados, pode-se concluir que houve variação espaço-temporal quanto à presença de metais nos lagos de Nova Ponte e Miranda, nos pontos e períodos de amostragem e que os sedimentos destes lagos estão contaminados por cádmio total, cobre total, cromo total, níquel total e zinco total.

O mês de março de 2013, no período chuvoso, de forma geral, foi o que apresentou maiores valores de metais nos sedimentos.

Sabe-se que a concentração de metais nos sedimentos pode ter origem natural, a partir da base geológica da bacia de drenagem, e também origem antrópica, por meio das atividades urbanas, industriais e agrícolas.

A presença de metais nos sedimentos causa impactos que refletem nas características físicas, químicas e biológicas do sistema.

Neste trabalho não se buscou a identificação das fontes de origens destes metais e sim a verificação dos níveis em que os mesmos se encontram no sedimento de fundo dos lagos das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda, em dois períodos distintos do ano de 2013, períodos chuvoso e seco.

Pelo conhecimento prévio do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica estudada, acredita-se que as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica, entre elas o lançamento de efluentes líquidos nos corpos de água, contribuem consideravelmente para que as concentrações de metais no sedimento se situem acima dos padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais.

Estudos mais detalhados são necessários para verificar as possíveis fontes destes metais. Estes estudos podem fornecer dados para subsidiar ações de gestão ambiental visando mitigar os impactos ambientais nos lagos de Nova Ponte e Miranda.

6.3 Avaliação do uso da terra e cobertura vegetal

O desenvolvimento das atividades produtivas tem gerado graves problemas ambientais, entre eles a degradação ambiental. No meio rural, a cobertura vegetal natural cede lugar, em sua maioria, às atividades agropecuárias, modificando assim, as características naturais originais. O homem, mediante o uso desenfreado e inadequado da terra, vem degradando de forma preocupante o seu ambiente natural, gerando impactos, às vezes, irreversíveis ao meio ambiente. A degradação dos recursos naturais nos dias de hoje é um processo que deve ser estudado e contido com eficiência e rapidez (BELTRAME, 1994).

Segundo Rocha (1991), as bacias hidrográficas são consideradas “palcos” dessa degradação, e por esse motivo, devem ser monitoradas visando à adequação do uso de seus recursos naturais e que os impactos causados ao ambiente natural sejam os menores possíveis.

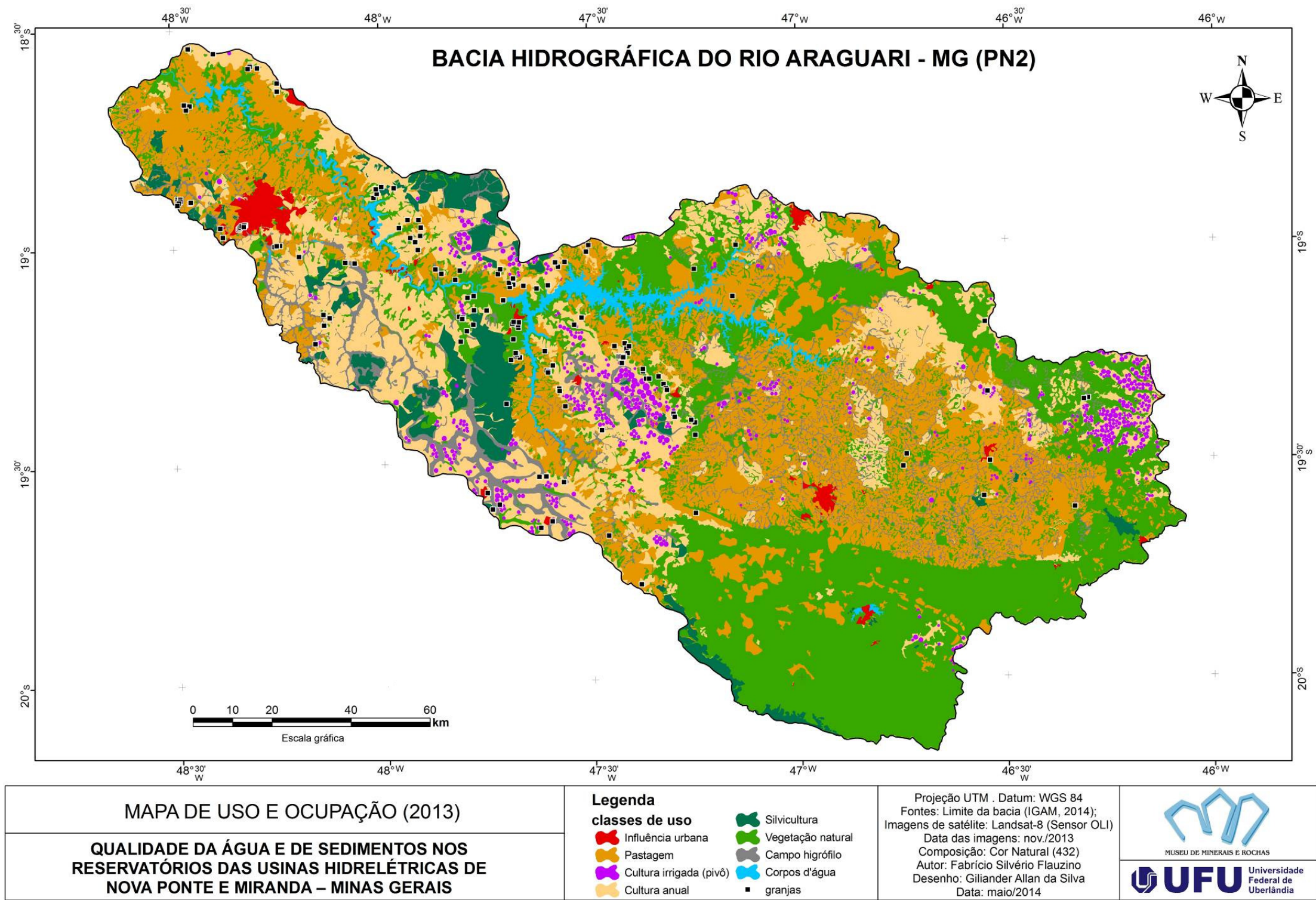
De acordo com Rosa (2007), para auxiliar nos estudos de desenvolvimento de determinada região, é necessário constantemente analisar e acompanhar a distribuição espacial do uso e ocupação do solo. Neste contexto, as imagens de satélite constituem-se em importante ferramenta, bem consolidada, como fonte de dados espaço-temporais, permitindo análises das mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo.

Sabe-se que, na área de estudo, caracterizada como integrante do bioma Cerrado, possui um grande potencial agrícola, considerando a disponibilidade de tecnologias capazes

de gerar a produção e melhorar a qualidade do solo. Porém, o modelo de agricultura adotado, em sua maioria, não leva em consideração as exigências legais de uma reserva legal como amostras do ecossistema natural, que funcione como um banco genético e, ao mesmo tempo, um refúgio para a fauna e flora nativas.

Percebe-se que extensas áreas de vegetação natural (mata de galeria, cerrado, cerradão, entre outras), estão sendo devastadas para o uso agrícola destinado, sobretudo, à produção de grãos como a soja, o café, o milho, além do cultivo da cana-de-açúcar, especialmente nos interflúvios amplos, pouco inclinados e com presença de latossolos. Soma-se a isto o uso pelas atividades pecuárias de áreas extensas, muitas delas de relevo inclinado, realizado sem o manejo dos solos de forma adequada. O uso da terra para as atividades agropecuárias é responsável por grande devastação da cobertura vegetal natural. Sendo assim, o mapeamento da cobertura vegetal e do uso antrópico permite o conhecimento e monitoramento da ocupação de determinada região e da bacia hidrográfica e permite delimitar áreas que ainda mantêm uma cobertura vegetal natural preservada e aquelas em que este tipo de cobertura vegetal foi suprimida em função da ocupação e atividades humanas.

FIGURA 47 - Mapa de uso e ocupação da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Araguari no ano de 2013.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

A avaliação dos dados de cobertura vegetal e do uso antrópico da área de estudo, visualizados na Figura 48, permite afirmar que 58,38% desta área já se apresentam ocupados por algum tipo de influência antrópica, ou seja, pela agricultura, pecuária, reflorestamento, áreas urbanizadas, atividades minerárias, entre outros usos.

A Tabela 29 apresenta a distribuição em área e percentual dos tipos de uso da terra e cobertura vegetal identificados na bacia do rio Araguari no ano de 2013.

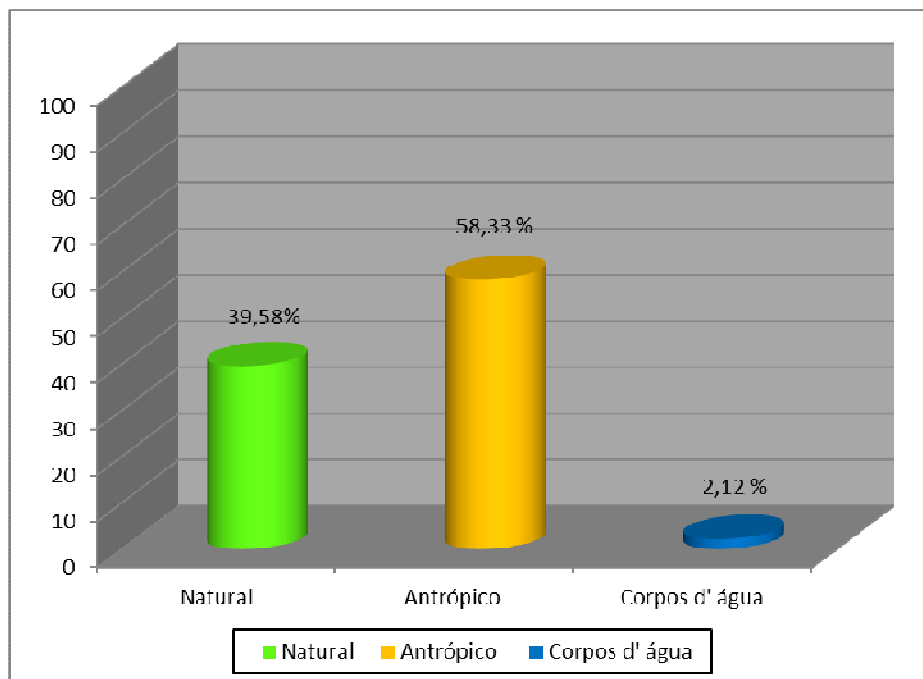
TABELA 29 – Área e percentual do uso da terra e cobertura vegetal.

Classes	Área (Km ²)	Área (%)
Campo Higrófilo	1323,35	6,15
Corpos d' água	455,57	2,12
Cultura Anual	4415,90	20,52
Área de Influência Urbana	281,15	1,31
Pastagem	6306,13	29,30
Cultura Irrigada	507,19	2,36
Silvicultura	1037,18	4,82
Granjas (aves e suínos)	1,26	0,02
Vegetação Natural	7194,19	33,43
Total	21521,92	100,0

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

A Figura 48 a seguir apresenta a distribuição de áreas com uso antrópico, cobertura vegetal natural e superfícies ocupadas por água.

FIGURA 48 - Área ocupada pelas categorias de cobertura vegetal, uso antrópico e corpos de água.



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

As Figuras 49 a 52 mostram as categorias de ocupação encontradas na área.

FIGURA 49 – Cultura anual. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 26 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 19° 12' 6,1" e W 47° 51' 9,0".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 50 – Cultura irrigada. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 26 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 19° 03' 32,7" e W 47° 35' 51,7".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 51 – Silvicultura. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 26 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 19° 13' 18,1" e W 47° 43' 59,1".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 52 – Pastagem. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 29 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 18° 54' 19,2" e W 47° 54' 31,3".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

A vegetação natural, caracterizada pelas áreas de mata, cerrado e cerradão e campos higrófilos, ocupa cerca de 40 % da área total da bacia do rio Araguari. Este percentual demonstra a intensa ação antrópica na área de estudo. A vegetação remanescente, de forma geral, está concentrada nas margens dos cursos d'água. Percebe-se ainda que este percentual de cobertura vegetal que ainda apresenta certo grau de preservação se encontra muito fragmentado, constituindo remanescentes de pequena extensão. As Figuras 53 e 54 representam a vegetação nativa.

FIGURA 53 – Vegetação natural. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 26 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 18° 58' 53,8" e W 48° 01' 39,7".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

FIGURA 54 – Vegetação natural. Autor: Fabrício Silvério Flauzino – Data: 29 de junho de 2014. Coordenadas geográficas S 18° 58' 53,8" e W 48° 01' 39,7".



Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

Os corpos de água representam cerca de 2 % da área de estudo, sendo os lagos de Nova Ponte, Miranda, Capim Branco I e II as principais superfícies cobertas por água. Os recursos hídricos da área de estudo, de forma geral, são destinados ao consumo humano, irrigação de lavouras, geração de energia elétrica, dessentação de animais e para o lazer.

A partir do mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia de contribuição direta de Miranda, constatou-se que, em torno de 58 % de sua área, são ocupados pelas atividades antrópicas, entre elas a cultura anual, irrigada e não irrigada, pastagens, silvicultura, granjas e pelas áreas urbanizadas (cidades e condomínios de chácaras).

7 CONCLUSÃO

Os resultados de observações e determinações realizadas no campo, de análises físico-químicas e bacteriológicas de laboratório, do cálculo do IQA e do IET para as amostras de águas e análises físicas e químicas para as amostras de sedimentos permitiram a avaliação – espacial e temporal - da qualidade das águas e dos sedimentos dos lagos das UHEs de Miranda e Nova Ponte nos meses de março (período chuvoso) e setembro (período seco) do ano de 2013.

Os procedimentos normativos adotados quanto à coleta, preservação e transporte das amostras garantiram a manutenção das características originais das amostras, proporcionando resultados que representassem as condições reais, da água e do sedimento, no ponto e período amostrado.

Desta forma, os resultados obtidos evidenciaram a qualidade da água e dos sedimentos dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda e a influência do uso e ocupação da terra na qualidade e nas características naturais da bacia.

Os resultados permitem afirmar que os recursos hídricos da área estudada estão bastante vulneráveis à interferência humana direta ou indireta.

Os aspectos de qualidade da água que mais chamaram a atenção são: no lago de Nova Ponte: ponto 1 o Oxigênio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Sedimentáveis; nos demais pontos de amostragem do lago de Nova Ponte e Miranda apenas o parâmetro Oxigênio Dissolvido. Todos os valores obtidos nas análises dos referidos parâmetros denotaram situações aquém dos padrões exigidos pela Resolução do CONAMA 357 (2005).

Comparando os resultados obtidos das análises de água com os padrões estabelecidos pela legislação, observa-se que houve variações espaço-temporais do enquadramento em classes. Nota-se nos reservatórios de Nova Ponte e Miranda que as classes podem variar entre as 2, 3 e 4, dificultando o procedimento de enquadramento do corpo de água.

Vale ressaltar, que não foi detectada, nas amostras de água de superfície e de profundidade, a presença dos metais Arsênio Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cromo Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Zinco Total.

A análise do IQA, por sua vez, mostrou que os índices oscilam entre “ótimo” e “ruim”, sendo estes dependentes das épocas do ano. A maioria dos índices foi classificada como “ótimo” e “bom”. Este tipo de análise é de interpretação relativamente fácil e acaba por

representar, com base em ponderações de ensaios, a qualidade da água em um determinado corpo de água.

Observa-se que existe variabilidade dos parâmetros de ano para ano, nos períodos secos e chuvosos, alterando e dificultando o enquadramento do IQA. O mesmo ponto de amostragem pode ser classificado em diferentes índices, dependendo do período da coleta de amostras.

Nota-se que os cursos de água da bacia de contribuição, a montante do lago de Nova Ponte e do lago de Miranda podem influenciar na variabilidade dos resultados de IQA.

Além disso, a análise do IET apontou a qualidade da água quanto ao seu grau de trofia, enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento das algas e macrófitas aquáticas. Os índices variaram de oligotrófico a supereutrófico e o índice com maior predominância foi o mesotrófico.

Também foi observada a variabilidade entre o período chuvoso e seco para alguns pontos de amostragem e que os cursos de água a montante dos pontos de monitoramento podem interferir na classificação do IET.

A falta de uma caracterização representativa da qualidade da água dos lagos de Nova Ponte e Miranda pode resultar em um IQA e um IET incorretos. Portanto, sugere-se o acompanhamento por um período de tempo maior, a fim de buscar uma caracterização segura destes índices.

Paralelamente à análise da água e à determinação do IQA e IET, realizaram-se análises físicas e químicas dos sedimentos de fundo dos lagos de Nova Ponte e Miranda. Os resultados apresentados mostraram que os sedimentos destes lagos são compostos basicamente de frações de areia, silte e argila e que do período chuvoso para o seco não houve relevante alterações na composição física dos sedimentos.

Constatou-se a presença dos metais: Cádmio Total, Chumbo Total, Cobre Total, Cromo Total, Níquel Total e Zinco Total, acima dos níveis de aceitação preconizados pela Resolução do CONAMA 454 (2012).

Além dos metais, observou-se que os sedimentos de um período para outro apresentaram variações das concentrações de Carbono Orgânico Total.

Segundo Esteves (1998), o sedimento é classificado em orgânico e inorgânico, dependendo do teor de matéria orgânica. Assim sendo, no mês de março (período chuvoso), o sedimento pode ser considerado inorgânico e, no mês de setembro (período seco), orgânico.

Diante do estudo apresentado, entende-se que a formação do lago de uma hidrelétrica provoca desequilíbrio na estrutura das comunidades aquáticas em razão das alterações físicas

e químicas da água e dos sedimentos que podem ocasionar o desaparecimento ou a proliferação de espécies e a instalação de organismos invasores.

A hipótese de que a avaliação da qualidade da água e dos sedimentos dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda propicia a verificação das condições ambientais do meio aquático e o reflexo das ações antrópicas no mesmo foi verificada.

Portanto, destaca-se a importância da avaliação da qualidade da água e dos sedimentos dos lagos de Nova Ponte e Miranda, bem como uma futura avaliação da origem da contaminação verificada durante os estudos realizados. Identificar as causas da contaminação e a forma como ela ocorre se constitui em um importante subsídio para a preservação da qualidade da água, melhoria das condições ambientais para a biota aquática e para disponibilidade da água para as gerações futuras.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para continuidade dos trabalhos iniciados na presente pesquisa, sugere-se a avaliação da água dos sedimentos de toda a bacia hidrográfica do rio Araguari, em um período maior de tempo, no sentido de se caracterizar os fatores naturais e/ou antrópicos que influenciam a sua qualidade.

Desse modo, os resultados obtidos poderão evidenciar com maior grau de certeza os fatores que interferem na qualidade do recurso hídrico, fundamental para o processo de gestão da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22.ed. .Washington: APHA, 2012.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Legislação**. [2007] Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Legislacao/default2.asp>>. Acesso em: 21 de out. 2007.

_____. **Informações hidrogeológicas**. .[2007] Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/mapasredehidro/mapasredehidro.asp>>. Acesso em: 21 de out. 2007.

_____. **PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**. .[2013] Disponível em:<<http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/Inicio.aspx>>. Acesso em 15 jan. 2013.

_____. **IGAM e ANA cadastram usuários na bacia do rio Araguari**. 2008. Disponível em:< http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/noticiasExibe.asp?ID_Noticia=846>. Acesso em 15 ago. 2008.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica: Agência Nacional das Águas, 2001. 328 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR MB 3030**: águas – determinação do oxigênio dissolvido: método do eletrodo de membrana. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 9251**: água – determinação do pH: método eletrométrico. Rio de Janeiro, 1986.

_____. **NBR 9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 10357**: águas - determinação da demanda química de oxigênio: método de refluxo aberto. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 10569**: águas - determinação de oxigênio dissolvido: método iodométrico de Winkler. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 10561**: águas - determinação de resíduo sedimentável: método do cone Imhoff. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 10664**: águas - determinação de resíduos (sólidos): método gravimétrico. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 12614**: águas - determinação da demanda bioquímica de oxigênio: método de incubação: 20°C, cinco dias. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 13348**: águas - determinação do teor de óleos e graxas. Rio de Janeiro, 1995.

ASTM. American Society for Testing Materials **Standard Practice for the Solid Phase Micro Extraction (SPME) of Water and its Headspace for the Analysis of Volatile and Semi-Volatile Organic Compounds**. Book of Standards. West Conshohocken: ASTM, 2012. 6p.

BACCARO, C. A. D. Unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro: estudo preliminar. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5/6, 1991. p. 37–42.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112p.

BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D.C. **Amostragem em limnologia**. 2.ed. São Carlos: RIMA, 2004.

BILICH, M. R.; LACERDA, M. P. C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005. **Anais...** Goiânia: INPE, p. 2059-2065, 16-21 abril 2005,

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada á engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 602p.

BRAGA, B. et al. **Introdução a engenharia ambiental**. 2.ed. São Paulo: Pearson Predice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. Lei Federal n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 12 maio 2013.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos; **Gestão dos recursos hídricos**: aspectos , legais, econômicos e sociais. Minas Gerais. Demetrius da Silva; Fernando Falco Pruski, (eds.) Brasília, DF: Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

_____. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL** Folha SD.22 Goiás. Rio de Janeiro, 1983. v. 31, 768 p.

BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E. L.G. **Limnologia fluvial**: um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RIMA, 2003. 278 p.

BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Elaboração do mapa de solos da bacia do rio Araguari na escala de 1:500.000. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2, 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, p. 1-7, 2003. (Cd Rom)

CANTARELLA, H.; PROCHNOW, L.I. Determinação de sulfato em solos. In: RAIJ, B. et al.(eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p.225-230.

_____. ; TRIVELIN, P.C.O. Determinação de nitrogênio total em solo. In: RAIJ, B. et al.(eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. p.262-269.

_____. ; _____. Determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: et al. (eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas 2001. p. 270-276.

CANADIAN COUNCIL OF RESOURCES AND ENVIRONMENTAL MINISTERS. **Canadian water quality guidelines**. Ottawa: [s.n], 1987.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnol. Oceanogr.**, [S.l],v. 22, p.361-369. 1977.

CARVALHO, N. O. et al. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. ANEEL: Brasília. 107 p. 2000.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA.[2013] Disponível em: < <http://www.cena.usp.br/piracena/html/noticias/noticia4.htm?cp=s> > Acesso em 22 maio. 2013.

CETESB.Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.**Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: Organizados Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB: Brasília: ANA, 2011. 326 p.

_____. **Modelo matemático para cálculo do Índice de Qualidade da Água**.São Paulo: CETESB, 1979. 97 p. (Relatório).

_____. **Índice de qualidade de água.** [2013].Disponível em:
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-(iqa))>. Acesso em:22 maio. 2013.

_____. Normalização técnica L5.202. **Coliformes totais e fecais:** determinação do número mais provável pela técnica de tubos múltiplos. São Paulo,1984. 135 p.

_____. **Relatório de qualidade das águas interiores no estado de São Paulo:** 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios).

_____. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo - 2007.** São Paulo: CETESB, 2008. 537 p. (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103 -4103). Disponível em:
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 11 ago. 2008.

COMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAGUARI, CBH Araguari. Plano da Bacia. Disponível em: < <http://www.cbharaguari.org.br/?olm=planos>>[2013] Acesso em: 23 out. 2013.

CONFERÊNCIA DE ABERTURA DO VII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA. 2000. São Carlos, SP. **Limnologia no século XXI:** perspectivas e desafios. São Carlos: IIE, 1999. 24 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Deliberação normativa do COPAM n.º 167, de 29 de junho de 2011.** Revisa e consolida as exigências para laboratórios que emitem relatórios de ensaios ou certificados de calibração referentes a medições ambientais, revoga as Deliberações Normativas COPAM n.º 89, de 15 de setembro de 2005, n.º 120, de 8 de agosto de 2008, n.º 140, de 28 de outubro de 2009, n.º 158, de 6 de outubro 2010 e os art. 1º e 2º da Deliberação Normativa COPAM n.º 165, de 11 de abril de 2011. Disponível: em < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18656>>.2011 Acesso em: 15 jan. de 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução do CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível: em < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. **Resolução do CONAMA n.º 344, de 25 de março de 2004.** Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível: em
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. **Resolução do CONAMA n.º 421, de 3 de fevereiro de 2010.** Dispõe sobre revisão e atualização da Resolução CONAMA n.º 344, de 25 de março de 2004. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=621>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

_____. **Resolução do CONAMA n.º 454, de 14 de novembro de 2012.** Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

EMBRAPA CERRADOS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária **São Luiz: Folha SA-23-Z-A:** cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 1 mapa, color., 118 cm x 84 cm. Escala 1:250.000. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/>>. Acesso em: 10 abr. 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA, Produção de informação, 1999. 412p.

_____. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas do Solo. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997, 212 p.

ENVIRONMENTAL CANADA. **Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.** Canadian Environmental Quality Guidelines - Summary Tables. Atualizado em 2002. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca>>. Acesso em: 22 maio. 2013.

ESPINDOLA, E.L.G. et al. **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP):** caracterização e propostas de manejo. São Carlos. RIMA, 2004. 486 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1998. 602 p.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do Oeste Mineiro.** 1995. 251f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ecologia de reservatórios:** estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP. Raul Henry, 1999. 800 p.

FUNDAÇÃO DO COMITÊ INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE LACUSTRE. **Diretrizes para o gerenciamento de lagos:** princípios para o gerenciamento de lagos.. Tradução de Dino Vannucci. São Carlos: ILEC; IIE; UNEP, 2000. 202 p.v.1

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Prazo para atendimento a deliberação normativa nº 167 de 2011.** 2011. Disponível em : <<http://www.feam.br/noticias/1/1000-finalizado-prazo-estipulado-pela-deliberacao-normativa-1672011-para-os-laboratorios-em-processo-de-reconhecimento-de-competencia-quanto-a-isoiec-170252005>>. Acesso em: 22 maio 2013.

FLAUZINO, F. S.. **Avaliação temporal e espacial da qualidade da água no lago da usina hidrelétrica de Miranda, região do triângulo – Minas Gerais.** 2008. 193 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. 2008.

_____. **Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – Minas Gerais.** 2013. 146f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. 2014.

FIGUEIREDO JUNIOR A. G. ;BREHME, I. **Amostragem geológica na pesquisa mineral.** Revista Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro, v. 18 ,n.3,p. 269-280., 2001.

GAMA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS LTDA **Estudo de metodologia e avaliação dos impactos da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Araguari – UPGRH PN2.** Belo Horizonte: GAMA, 2009.

GUERRA, A. T. **Recursos naturais do Brasil.** Tradução de Antônio Teixeira Guerra. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220p.

IBGE.Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.. Carta internacional ao milionésimo. **Folha:** Belo Horizonte (SE-23). Escala 1:1.000.000. Brasília: IBGE, 1999. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 out. 2007.

_____.Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Carta internacional ao milionésimo. **Folha:** Goiânia (SE-22). Escala 1:1.000.000. Brasília: IBGE, 1999. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 out. 2007.

_____.Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@.** [2010].Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

-----.. Carta Internacional ao milionésimo. **Folha:** Belo Horizonte (SE-23). Escala 1:1.000.000. Brasília: IBGE, 1999. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: out. 2007.

-----.. Carta Internacional ao milionésimo. **Folha:** Goiânia (SE-22). Escala 1:1.000.000. Brasília: IBGE, 1999. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: out. 2007.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM – CETEC. **Base Digital GeoMINAS.**: Bacia do Rio Paranaíba - UPGRHs PN1, PN2 e PN3 - Dados de qualidade das águas: 2012. 1 mapa, color., 21,0 x 29,7 cm. Escala: 1:2.600.000. Disponível em: <<http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/downloads.htm>>. Acesso em: 22 maio 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais**: Relatório trimestral (4º trimestre de 2012). Belo Horizonte, 2013. 101 p. Relatório. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2013/relatorio-trimestral-da-qualidade-da-agua-em-minas-gerais-4o-trim-2012.pdf>. Acesso em: 22 maio 2013.

_____. **Mapoteca**: bases cartográficas digitais – unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/downloads/1247>>. Acesso em: 05 maio. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Dados de satélites**. [2007] Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 10 jan. 2007.

INTERNACIONAL ENGENHARIA S.A, CEMIG .**Usina hidrelétrica de Miranda**: projeto básico. Relatório final. Anexo D – estudos ambientais). Belo Horizonte, 1988. 93 p. Relatório. (1º Tomo).

_____. **Usina hidrelétrica de Miranda**: projeto básico. Relatório final. Anexo D – estudos ambientais Belo Horizonte, 1988. 126 p. Relatório. (4º Tomo).

_____. **Usina hidrelétrica de Miranda**: projeto executivo. Relatório final. Complementação dos estudos e monitoramento da fauna da U.H.E. MIRANDA, documento nº 11.158-RE-M92-037, Belo Horizonte, 1996. 153 p. Relatório. v. I; II; III

_____. **Usina hidrelétrica de Miranda**: projeto executivo. plano diretor. Relatório final. Documento nº 11.158-RE-M90-038, Belo Horizonte, 1997. 95 p. Relatório.

_____. **Usina hidrelétrica de Miranda**: Projeto executivo. Relatório final. Estudos limnológicos complementares, documento nº 11.158-RE-M92-034, Belo Horizonte, 1996. 97 p. Relatório.

_____. **Relatório final**: projeto executivo do plano diretor da Usina Hidrelétrica de Miranda. Belo Horizonte, 1997. 95 p. Relatório.

_____. **Usina hidrelétrica de Miranda**: projeto executivo. Plano diretor. Relatório final. Documento nº 11.158-RE-M90-038, Belo Horizonte, 1997. 95 p. Relatório.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KOPPEN, W.; REIGER, R. **O clima brasileiro**. [2007]. Disponível em: < <http://www.climabrasileiro.hpg.com.br/dados.htm> > . Acesso em 11 jan. 2007.

LABORATÓRIO DE LIMNOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL.

Limnologia. [2013] Disponível em < <http://www.dern.ufes.br/limnol/zonaslago.jpg> > Acesso em 22 maio 2013.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia dos corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 f. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2004.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Ed. Átomo, 2005. 444 p.

LIMA, S. C. et al. Avaliação dos cerrados de Minas Gerais e indicação de áreas potenciais para a preservação. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v 10 ,n.19, p. 5-44, Janeiro/Junho, 1998.

MACÊDO, J.A.B. **Águas e águas: métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Juiz de Fora-MG: Macêdo, 2001, 302p.

_____. **Águas e águas**. 2.ed. Belo Horizonte: C.R.Q. MG, 2003. 450 p.

_____. **Águas e águas**. 2ª ed. Belo Horizonte: C.R.Q. MG, 2004. 977p.

MAURO, C. A. ; ROSOLEN, V. ; FERREIRA, V. O. **Planejamento e gestão dos recursos hídricos: exemplos mineiros**. Uberlândia: Assis Editora, 2012. 454 p.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

MOZETO, A.M.; UMBUZEIRO, G.A.; JARDIM, W.F. **Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce**. São Carlos: Cubo Multimídia, 2006. 224 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. [2014]. Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/index.php> >. Acesso em: 10 maio 2014.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p.9-16, 1989.

PREISENDORCER, R. W. Secchi disk science: visual optics of natural waters. **Limnologia. Oceanografia**, [S.l.], p. 909-926, 1986.

PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte a gestão de recursos hídricos**. 2004. 274 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 2004.

PROJETO DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO SUSTENTÁVEL DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA BRASILEIRA - PROBIO. **Proposta de Projeto – Edital PROBIO 02/2004**: levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: [s.n], 2004.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 748 p.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 840 p.

RODRIGUES, S. C. Mudanças ambientais na região do cerrado: análise das causas e efeitos da ocupação e uso do solo sobre o relevo: o caso da bacia hidrográfica do rio Araguari, MG. **GEOUSP**: espaço e tempo, São Paulo, n. 12, p. 20, 2002.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Edições UFSM, 1991. 181p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000. 220p.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento**: sistema de informação geográfica. Uberlândia: EDUFU, 1996. 104 p.

_____. et al. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da bacia hidrográfica do rio Araguari – MG. In:_____. **Gestão ambiental da bacia do rio Araguari**: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia: Programa de pós-graduação em geografia – UFU, 2004. p. 69-87.

_____. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 6. ed. Uberlândia: EDUFU, 2007. 248 p.

SENAI. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. **Química ambiental**: Curso para atualização de docentes do SENAI em meio ambiente. Salvador: SENAI Departamento Nacional, 2012. 41 p.

SILVA, A. M.; PINHEIRO, M. S. de F.;FRANÇA, M. N. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos: projetos de pesquisa, trabalhos acadêmicos, dissertações e teses.**5.ed. rev. atual. Uberlândia: EDUFU, 2008

_____;_____;_____. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos.** Uberlândia: EDUFU, 2013. 286 p.

SILVA, M.K.A., ROSA, R. Aplicação das imagens CBERS no levantamento do uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Ribeirão Douradinho no município de Uberlândia/ MG.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,13. **Anais...** Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 1151-1157.

SILVA, M. K. A. **Modelagem hidrológica aplicada ao estudo da vazão da bacia hidrográfica do rio Araguari-MG, a partir das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal nativa.** 2014. 195f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.

SILVA, W. M. da. **Caracterização do reservatório de Nova Ponte (MG) nos meses de julho / 95 (período de seca) e fevereiro / 96 (período chuvoso) com ênfase na composição e distribuição do zooplâncton.** 1998. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 1998.

SOUZA, J. L. **Limnologia.**[2008]. Disponível em < <http://www.meumundo.americaonline.com.br/jlvcouto/index.htm> > Acesso em: 18 maio. 2008.

SPERLING, E. V. **Morfologia de lagos e represas.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999. 138 p.

SPERLING, M. V. . **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental- DESA. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 242 p.

TOLEDO JUNIOR., A.P. de et al.. et al. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 120. **Anais...** Camburiú: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Camburiú, Santa Catarina, 34 p. 1983.

_____. et al.. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL.**Anais...** Camboriú. p.1 – 34, 1983.

TOLEDO, A. M. A.; BALLESTER, M.V. R. Variabilidade espaço-temporal do uso e cobertura do solo e a qualidade da água em duas microbacias hidrográficas do Estado de São Paulo. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10.. **Anais...** Foz do Iguaçu, 21-26 de abril de 2001, INPE, p. 543-545.(Sessão Pôster.)

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. . Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Jaguariúna, SP. Embrapa: **Scientia Agricola**, São Paulo,v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha, 2005. 120 p.

_____. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Paulo: RIMA IIE, 2005. 251 p.

_____; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Water quality standards handbook**. Government Institutes. USA, 1995.

_____. **Analytical Methods and Laboratories**. Government Institutes. USA, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Convênio CEMIG**: monitoramento do uso do solo e da cobertura vegetal na área de influência da Usina Hidrelétrica de Miranda – MG: Relatório final, Uberlândia:[s.n], 1995.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISE, T. M. **Avaliação da qualidade da água**: base tecnológica para gestão ambiental. Belo Horizonte: SMEA, 2009. 322 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostras de superfície (continua)

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	21,63	18,92	21,09	114,65	20,01	16,76	12,98	20,01	NA
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	7,08	7,82	6,60	7,57	7,57	8,31	7,57	8,79	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 3,30	< 3,30	4,00	3,50	< 3,30	< 3,30	< 3,30	< 3,30	NA
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Fosfato Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N)	0,03	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	3,7
Nitrogênio Total (mg/L)	1,29	1,29	1,50	1,84	1,94	2,39	1,39	1,40	NA
Óleos e Graxas (mg/L)	5,80	2,00	2,20	2,60	0,80	1,80	1,80	2,40	Virtualmente ausentes
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	2,69	5,5	4,50	4,20	4,60	3,50	3,50	3,70	Não inferior a 5
pH	6,24	6,56	6,52	6,54	7,14	7,34	6,67	7,75	6 - 9
Sólidos Totais (mg/L)	2052,00	38,00	29,00	20,00	28,00	9,00	33,00	29,00	NA
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1832,30	35,80	29,00	20,00	27,80	8,80	0,80	29,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	1,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,05	< 0,10	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	219,70	2,20	< 0,10	< 0,10	0,20	0,20	32,20	< 0,10	Virtualmente ausentes
Temperatura (°C)	18,2	24,2	24,6	25,7	23,6	23,0	25,0	25,5	NA
Turbidez (NTU)	5,00	3,00	3,00	4,00	5,00	7,00	5,00	5,00	40
Dureza Total (mg/L)	8,55	9,56	9,56	10,06	10,06	7,55	8,05	8,05	NA
Cor aparente (mg Pt/L)	60,00	9,00	8,00	6,00	6,00	5,00	9,00	6,00	Nível da cor natural do corpo de água
Condutividade (µS/cm)	16,84	22,50	24,30	22,90	23,00	22,00	20,90	18,95	NA

APÊNDICE A – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostras de superfície (conclusão).

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Ferro (mg/L)	0,84	0,23	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	NA
Nitrito (mg/L N)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	1
Nitrato (mg/L N)	0,10	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30	0,30	10
Cobre (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NA
Manganês Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Manganês Dissolvido (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Arsênio Total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Cádmio Total (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Chumbo Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,01
Cromo Total (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,05
Mercúrio Total (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002
Níquel Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,025
Zinco Total (mg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,18
Clorofila (µg/L)	2,67	< 1	< 1	< 1	1,67	< 1	1,671	< 1	30
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	130	9	0	0	6	14	1	10	NA
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	121	5	0	50	4	12	1	3	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Carbono Orgânico Total (mg/L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	NA
Transparência – Disco de Secchi	30 cm	2 m	3 m	4 m	2 m	2 m	4 m	5 m	NA

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

APÊNDICE B – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 - amostras de superfície (continua)

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	20,38	22,03	9,91	28,64	25,33	20,92	21,48	24,78	NA
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	19,38	14,09	15,88	15,88	12,33	15,85	12,33	10,57	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,60	3,40	5
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 3,3	< 3,3	< 3,3	3,50	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	NA
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Fosfato Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N)	0,05	0,04	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,12	3,7
Nitrogênio Total (mg/L)	0,56	1,11	0,56	1,11	2,22	1,67	0,56	0,68	NA
Óleos e Graxas (mg/L)	3,8	5,00	3,00	3,60	4,20	2,40	3,00	4,60	Virtualmente ausentes
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	3,76	1,89	6,35	7,08	4,90	6,70	4,95	7,67	Não inferior a 5
pH	5,00	5,50	7,21	7,20	6,87	7,16	6,71	7,71	6 - 9
Sólidos Totais (mg/L)	44,00	33,00	36,00	28,00	27,00	28,00	28,00	33,00	NA
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	32,20	32,60	36,00	28,00	27,00	28,00	28,00	33,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,2	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	11,80	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Virtualmente ausentes
Temperatura (°C)	19,10	22,60	22,60	23,32	22,20	23,60	23,30	23,40	NA
Turbidez (NTU)	12,80	5,80	4,70	4,70	5,10	7,50	6,50	5,50	40
Dureza Total (mg/L)	11,42	10,43	11,42	11,92	11,42	11,42	12,41	12,41	NA
Cor aparente (mg Pt/L)	12,87	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	5,00	5,00	Nível da cor natural do corpo de água
Condutividade (µS/cm)	2,0	2,0	3,0	11,0	1,0	1,0	6,00	5,00	NA

APÊNDICE B – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 – amostras de superfície (conclusão).

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Limite Aceitável
Ferro (mg/L)	0,53	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	NA
Nitrito (mg/L N)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1
Nitrato (mg/L N)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,30	< 0,10	< 0,10	< 0,10	10
Cobre (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NA
Manganês Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Manganês Dissolvido (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Arsênio Total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Cádmio Total (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Chumbo Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,01
Cromo Total (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,05
Mercúrio Total (mg/L)	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0002
Níquel Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,025
Zinco Total (mg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,18
Clorofila (µg/L)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	7,01	8,01	30
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	36	4	2	0	51	3	2	10	NA
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	7	0	0	38	14	1	1	6	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Carbono Orgânico Total (mg/L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	NA
Transparência – Disco de Secchi	1m	4 m	5 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	NA

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

APÊNDICE C – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostragem de profundidade (continua)

Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	14,60	23,25	22,17	17,30	18,92	16,76	14,60	16,22	NA
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	8,31	6,35	9,53	7,33	7,08	7,08	8,06	9,28	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	5
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 3,30	< 3,30	4,00	4,00	< 3,30	< 3,30	< 3,30	< 3,30	NA
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Fosfato Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N)	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,19	0,03	0,04	3,7
Nitrogênio Total (mg/L)	1,39	3,04	1,94	1,74	2,69	3,50	5,04	1,85	NA
Óleos e Graxas (mg/L)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Virtualmente ausentes
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	2,93	6,00	3,89	4,00	4,30	3,00	3,13	3,0	Não inferior a 5
pH	6,36	6,45	6,53	6,39	7,33	6,29	6,82	5,45	6 - 9
Sólidos Totais (mg/L)	3116,00	42,00	35,00	14,00	25,00	24,11	50,00	51,00	NA
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1892,00	38,20	34,00	11,50	17,80	21,81	34,50	38,60	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	2,50	0,10	0,10	< 0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	1223,80	3,80	1,00	2,50	7,20	2,30	15,50	12,40	Virtualmente ausentes
Temperatura (°C)	18,20	23,10	24,80	23,00	23,00	21,00	24,00	24,00	NA
Turbidez (NTU)	6,00	4,00	4,00	6,00	5,00	8,00	5,00	5,00	40
Dureza Total (mg/L)	10,06	11,07	11,07	12,08	9,56	9,06	9,06	10,57	NA
Cor aparente (mg Pt/L)	65,00	13,00	10,00	8,00	7,00	7,00	10,00	8,00	Nível da cor natural do corpo de água
Condutividade (µS/cm)	21,30	25,40	28,20	28,20	23,70	25,40	23,70	28,40	NA

APÊNDICE C – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período chuvoso de 2013 - amostragem de profundidade (conclusão).

Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Ferro (mg/L)	1,98	0,48	0,14	0,45	0,44	0,48	1,39	0,93	NA
Nitrito (mg/L N)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	1
Nitrato (mg/L N)	0,20	2,30	0,70	0,50	0,1	0,30	0,30	0,30	10
Cobre (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NA
Manganês Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,14	0,1
Manganês Dissolvido (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Arsênio Total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Cádmio Total (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Chumbo Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,01
Cromo Total (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,05
Mercúrio Total (mg/L)	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0002
Níquel Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,025
Zinco Total (mg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,08	< 0,06	< 0,06	0,18
Clorofila (µg/L)	< 1	< 1	< 1	< 1	1,00	< 1	< 1	2,00	30
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	13	9	0	11	20	16	170	212	NA
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	6	6	0	7	14	12	160	198	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Carbono Orgânico Total (mg/L)	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	NA

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

APÊNDICE D – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 - amostragem de profundidade (continua)

Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	22,58	23,13	14,32	23,13	24,78	187,24	21,47	23,13	NA
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	12,33	15,85	14,09	12,33	58,13	12,33	15,88	12,33	250
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,80	5
Demanda Química de Oxigênio (mgO ₂ /L)	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	< 3,3	NA
Fósforo Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Fosfato Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ mg/L em N)	0,05	0,04	0,04	0,08	0,04	0,05	0,12	0,05	3,7
Nitrogênio Total (mg/L)	1,11	0,56	1,11	1,67	1,11	1,11	0,66	0,61	NA
Óleos e Graxas (mg/L)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Virtualmente ausentes
Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L)	0,52	< 0,10	6,21	6,38	4,30	5,30	4,95	3,70	Não inferior a 5
pH	5,16	4,80	6,91	6,76	6,58	6,91	7,01	6,62	6 - 9
Sólidos Totais (mg/L)	138,00	46,00	42,00	38,00	30,00	26,00	57,00	51,00	NA
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	83,0	39,60	39,60	32,80	18,20	25,80	29,00	32,00	500
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	0,50	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Virtualmente ausentes
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	55,0	6,40	2,40	5,20	11,80	0,20	28,00	19,00	Virtualmente ausentes
Temperatura (°C)	18,90	21,30	20,90	21,00	21,70	21,43	23,20	22,60	NA
Turbidez (NTU)	103,0	5,30	8,80	16,50	4,40	7,13	17,00	16,00	40
Dureza Total (mg/L)	14,40	13,90	11,42	12,41	12,41	12,41	11,92	13,41	NA
Cor aparente (mg Pt/L)	30,0	2,50	5,00	5,00	2,50	5,00	10,00	10,00	Nível da cor natural do corpo de água
Condutividade (µS/cm)	11,0	13,00	12,00	12,00	2,00	12,00	11,00	3,00	NA

APÊNDICE D – Resultados das análises realizadas nas amostras de água no período seco de 2013 - amostragem de profundidade (conclusão).

Ensaio	Ponto 1 (4 m)	Ponto 2 (13 m)	Ponto 3 (50m)	Ponto 4 (52m)	Ponto 5 (11m)	Ponto 6 (28m)	Ponto 7 (40m)	Ponto 8 (50 m)	Limite Aceitável
Ferro (mg/L)	6,68	0,19	0,36	0,65	0,63	0,52	0,37	0,87	NA
Nitrito (mg/L N)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1
Nitrato (mg/L N)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	10
Cobre (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	NA
Manganês Total (mg/L)	0,68	< 0,05	< 0,05	0,09	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,09	0,1
Manganês Dissolvido (mg/L)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05
Arsênio Total (mg/L)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01
Cádmio Total (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Chumbo Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,01
Cromo Total (mg/L)	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	0,05
Mercúrio Total (mg/L)	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0002
Níquel Total (mg/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008	0,025
Zinco Total (mg/L)	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	< 0,06	0,18
Clorofila (µg/L)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	30
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	258	22	0	844	200	0	0	0	NA
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	102	2	0	605	100	0	0	0	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Carbono Orgânico Total (mg/L)	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	NA

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

APÊNDICE E - Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013 (continua)

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Nível 1	Nível 2
Arsênio Total (mg/Kg)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	5,9 ¹	17 ¹
Cádmio Total (mg/Kg)	3,00	6,00	10,00	6,00	6,00	11,00	11,00	7,00	0,6 ¹	3,5 ¹
Chumbo Total (mg/Kg)	21,00	37,00	25,00	21,00	26,00	18,00	21,00	21,00	35 ¹	91,3 ¹
Cobre Total (mg/Kg)	32,08	66,00	109,00	79,00	67,00	137,00	120,00	93,00	35,7 ¹	197 ¹
Cromo Total (mg/Kg)	83,00	127,00	101,00	81,00	86,00	68,00	112,00	93,00	37,3 ¹	90 ¹
Mercúrio Total (mg/Kg)	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,17 ¹	0,486 ¹
Níquel Total (mg/Kg)	22,00	43,00	46,00	48,00	39,00	31,00	51,00	43,00	18 ¹	35,9 ¹
Zinco Total (mg/Kg)	71,00	88,00	170,00	119,00	119,00	199,00	132,00	122,00	123 ¹	315 ¹
Fósforo Total (mg/Kg)	5,80	6,80	3,80	3,80	ND	5,20	3,50	ND	2000	
Nitrogênio Total (mg/Kg)	0,06	0,17	0,08	ND	ND	0,3	0,14	ND	4800	
Carbono Orgânico Total (%)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	10	
Organoclorados (µg / Kg)	3,30	0,20	0,37	< 0,01	< 0,01	0,34	< 0,01	< 0,01	NA	
alfa-Clordano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	NA	
gama-Clordano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	0,94 ¹	1,38 ¹
Delta - BHC (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	NA	
DDD (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	3,54 ¹	8,51 ¹
DDE (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,42 ¹	6,75 ¹
DDT (isômeros) (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,19 ¹	4,77 ¹
Dieldrin (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	2,85 ¹	6,67 ¹
Endrin (µg /L)	0,0029	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2,67 ¹	62,4 ¹
Endrin Aldeido (µg /L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Endrin Cetona (µg /L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	

APÊNDICE E - Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período chuvoso de 2013 (conclusão).

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Nível 1	Nível 2
PCB's (mg/kg)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	34,1 ¹	277 ¹
Naftaleno (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	34,6 ¹	391 ¹
Acenafteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6,71 ¹	88,9 ¹
Fenantreno (mg/kg)	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	41,9 ¹	515 ¹
Fluoratenos (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	111 ¹	2355 ¹
Antraceno (mg/kg)	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	46,9 ¹	245 ¹
Pireno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	53 ¹	875 ¹
Benzo(a) Antreceno (mg/kg)	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	31,7 ¹	385 ¹
Criseno (mg/kg)	0,0013	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	57,1 ¹	862 ¹
Dibenzeno (a,h) Antraceno (mg/kg)	0,0099	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	6,22 ¹	135 ¹
Indeno (1, 2, 3-cd) Pireno (mg/kg)	0,018	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Benzo (b) Fluoranteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	NA	
Benzo (k) Fluoranteno (mg/kg)	0,018	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Benzo (k) Pireno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	31,9 ¹	782 ¹
Benzo (g, h, i) Perileno (mg/kg)	0,020	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Fluoreno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	21,2 ¹	144 ¹
Acenaftileno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,87 ¹	128 ¹
Fluoranteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	111 ¹	2355 ¹
1 Metilnaftaleno (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	NA	
2 Metilnaftaleno (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20,2 ¹	201 ¹

Legenda: (NA) = Não Aplicável.

Fonte: Flauzino, F. S. (2014).

APÊNDICE F -Resultados da caracterização química do sedimento de fundo – período seco de 2013 (continua)

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Nível 1	Nível 2
Arsênio Total (mg/Kg)	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	5,9 ¹	17 ¹
Cádmio Total (mg/Kg)	0,50	4,00	6,00	5,00	1,00	4,00	8,00	8,00	0,6 ¹	3,5 ¹
Chumbo Total (mg/Kg)	4,00	21,00	15,00	21,00	6,00	11,00	18,00	13,00	35 ¹	91,3 ¹
Cobre Total (mg/Kg)	5,30	37,00	64,00	67,00	9,00	47,00	82,00	70,00	35,7 ¹	197 ¹
Cromo Total (mg/Kg)	14,00	72,00	77,00	88,00	46,00	103,00	80,00	72,00	37,3 ¹	90 ¹
Mercúrio Total (mg/Kg)	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,17 ¹	0,486 ¹
Níquel Total (mg/Kg)	4,00	22,00	34,00	39,00	11,00	22,00	36,00	35,00	18 ¹	35,9 ¹
Zinco Total (mg/Kg)	6,00	52,00	93,00	75,00	15,00	45,00	73,00	75,00	123 ¹	315 ¹
Fósforo Total (mg/Kg)	18,20	25,00	21,80	18,60	21,00	12,20	10,20	11,00	2000	
Nitrogênio Total (mg/Kg)	0,03	0,13	0,07	0,03	ND	0,03	0,11	ND	4800	
Carbono Orgânico Total (%)	13,34	15,08	25,52	20,30	6,96	21,46	30,16	29,00	10	
Organoclorados (µg / Kg)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	NA	
alfa-Clordano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	NA	
gama-Clordano (mg/kg)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	0,94 ¹	1,38 ¹
Delta - BHC (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	NA	
DDD (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	3,54 ¹	8,51 ¹
DDE (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,42 ¹	6,75 ¹
DDT (isômeros) (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	1,19 ¹	4,77 ¹
Dieldrin (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	2,85 ¹	6,67 ¹
Endrin (µg /L)	0,0029	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	2,67 ¹	62,4 ¹
Endrin Aldeido (µg /L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	

APÊNDICE F – Resultados da caracterização física do sedimento de fundo – período seco de 2013 (conclusão).

Ensaio	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Nível 1	Nível 2
Endrin Cetona (µg /L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
PCB's (mg/kg)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015	34,1 ¹	277 ¹
Naftaleno (mg/kg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	34,6 ¹	391 ¹
Acenafteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6,71 ¹	88,9 ¹
Fenantreno (mg/kg)	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	41,9 ¹	515 ¹
Fluoratenos (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	111 ¹	2355 ¹
Antraceno (mg/kg)	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	46,9 ¹	245 ¹
Pireno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	53 ¹	875 ¹
Benzo(a) Antreceno (mg/kg)	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	31,7 ¹	385 ¹
Criseeno (mg/kg)	0,013	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	57,1 ¹	862 ¹
Dibenzeno (a,h) Antraceno (mg/kg)	0,0099	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	6,22 ¹	135 ¹
Indeno (1, 2, 3-cd) Pireno (mg/kg)	0,018	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Benzo (b) Fluoranteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	NA	
Benzo (k) Fluoranteno (mg/kg)	0,018	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Benzo (k) Pireno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	31,9 ¹	782 ¹
Benzo (g, h, i) Perileno (mg/kg)	0,020	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	NA	
Fluoreno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	21,2 ¹	144 ¹
Acenaftileno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5,87 ¹	128 ¹
Fluoranteno (mg/kg)	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	111 ¹	2355 ¹
1 Metilnaftaleno (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	NA	
2 Metilnaftaleno (mg/kg)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20,2 ¹	201 ¹

Legenda: (NA) = Não Aplicável; (¹) Environmental Canada. Canada Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, 2002

Fonte Flauzino, F. S. (2014).