

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

OMAR CARDOSO ROSA FILHO

**ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA NA ÁREA
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO)**

**CATALÃO (GO)
2024**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP 75704-020
Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA)

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES
ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E
DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFCAT), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFCAT é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o(a) autor(a) e o(a) orientador(a) Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação ou Tese?

DISSERTAÇÃO

2. Nome completo do autor:

OMAR CARDOSO ROSA FILHO

Nome completo do(a) orientador(a):

RAFAEL DE AVILA RODRIGUES

3. Título do trabalho

Título: **ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO)**

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento: [X] SIM [] NÃO¹

[¹] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a

possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs.: Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL DE AVILA RODRIGUES, Professor(a) do Magistério Superior**, em 06/08/2024, às 11:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Omar Cardoso Rosa Filho, Usuário Externo**, em 07/08/2024, às 06:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0092168** e o código CRC **EE9864AE**.

OMAR CARDOSO ROSA FILHO

**ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA NA ÁREA
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Catalão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de Concentração: Geografia e Ordenamento do Território. Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais
Orientador (a): Professor Doutor Rafael de Ávila Rodrigues
Coorientador (a): Professor Doutor Idelvone Mendes Ferreira

**CATALÃO (GO)
2024**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Rosa Filho, Omar Cardoso
ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA NA ÁREA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO) / Omar Cardoso Rosa
Filho. - 2024.

74, f.

Orientador: Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues; co-orientador Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Geografia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Catalão, 2024.

Inclui siglas, mapas, abreviaturas, gráfico, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Análise físico-química e biológica da água. 2. Bacia Hidrográfica do Rio São Bento. 3. Qualidade da água. 4. Sudeste de Goiás. I. Rodrigues, Rafael de Ávila, orient. II. Título.

CDU 911



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP 75704-020
Telefone: -- <https://www.ufcat.edu.br>

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 219 da Sessão de Defesa de Dissertação de **OMAR CARDOSO ROSA FILHO**, que confere o título de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, na área de concentração em "Geografia e Ordenamento do Território".

Aos vinte dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e quatro, a partir das oito horas e trinta minutos, no Laboratório de Cartografia, do Instituto de Geografia/UFCAAT, realizou-se a Sessão Pública de Defesa de Dissertação intitulada "ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA DA ÁGUA SUPERFICIAL NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO): EFEITOS DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Dr. RAFAEL DE AVILA RODRIGUES (IGEO/UFCAAT), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: DR. ALFREDO ARANTES GUIMARAES SILVEIRA (SEMMAC CATALÃO), membro titular externo; Professor Dr. JEFFERSON GOMES CONFESSOR (IGEO/UFCAAT), membro titular interno. Durante a arguição os membros da Banca fizeram sugestão de alteração do título do trabalho para: "ANÁLISE QUÍMICO-BIOLÓGICA NA ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO BENTO (GO)". A Banca Examinadora reuniu-se em Sessão Secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o Candidato APROVADO pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Dr. RAFAEL DE AVILA RODRIGUES, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente Ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte dias do mês de março de dois mil e vinte e quatro, às dez horas e dez minutos, devendo o mestrando cumprir os tramites formais do Programa e UFCAAT para os encaminhamentos devidos.



Documento assinado eletronicamente por **RAFAEL DE AVILA RODRIGUES, Orientador(a)**, em 20/03/2024, às 22:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jefferson registrado(a) civilmente como Jefferson Gomes Confessor, Usuário Externo**, em 27/03/2024, às 09:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alfredo Arantes Guimarães Silveira, Usuário Externo**, em 03/04/2024, às 13:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0050690** e o código CRC **B44D112A**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela oportunidade de fazer parte de um estudo tão importante.

A presente Dissertação de Mestrado não poderia ser desenvolvida sem o precioso apoio de várias pessoas, sempre presentes em nossas vidas, às quais indistintamente agradeço.

Agradeço a Universidade Federal de Catalão, por meio do Programa de Pós-graduação em Geografia, pela oportunidade de fazer o Mestrado.

Agradeço o apoio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão (SEMMAC), e da Empresa Mosaic Fertilizantes, que contribuíram para o bom andamento do estudo desenvolvido, por meio do Projeto Águas Futuras do Cerrado.

Agradeço a minha esposa, Nathalia Andrade do Prado Cardoso, e ao meu filho Omar Cardoso Rosa Neto, pelo apoio e pela paciência que tiveram comigo em todos os momentos.

Agradeço ao meu Orientador, Prof. Dr. Rafael de Ávila Rodrigues, e ao meu Coorientador, Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientaram neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante o Mestrado. Muito obrigado por terem me orientado quando necessário sem nunca me desmotivar.

Agradeço aos colegas do Mestrado em Geografia/UFCAT, aos colegas do Mestrado em Engenharia Civil, aos funcionários e a todos os Professores do Programa de Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Catalão, pelo apoio e amizade que estiveram presentes em todos os momentos.

RESUMO

A qualidade da água nas bacias hidrográficas tem sido uma preocupação constante da sociedade civil organizada e do Poder Público, de pesquisadores e usuários deste bem essencial à manutenção da vida e à conservação do equilíbrio da biodiversidade. Neste sentido, realizar o monitoramento da água nessas áreas se torna imperioso a fim de diagnosticar os elementos presentes no ambiente, considerando a influência da sazonalidade e das práticas agrícolas desenvolvidas, traçando um paralelo ao longo dos anos para entender suas variações e propor medidas de prevenção, contenção ou biorremediação. Assim, este estudo propôs analisar os aspectos físicos, químicos e biológicos da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, localizada nos municípios de Catalão e Davinópolis, ambos no Estado de Goiás, por meio de coletas de amostras de água *in natura* realizadas em quatro campanhas de coleta em sete pontos distribuídos na área da Bacia, da montante a jusante, considerando as quatro estações do ano, sendo possível obter os resultados a partir de análises utilizando a metodologia da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017), a presença de compostos usados na agricultura e na pecuária (2,4-D, Malation, Glifosato + AMPA, Carbofurano, Compostos Organoclorados e Organofosforados), metais (Ferro e Alumínio) e elementos biológicos (*Escherichia Coli*, Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais). De posse dos dados, realizou-se um estudo comparativo entre os resultados obtidos nos períodos, traçando ainda um paralelo com estudos desenvolvidos por outros autores na mesma região. Alguns resultados se mostraram significativos, como as concentrações de *Escherichia Coli* e Coliformes, principalmente durante o período seco – outubro e dezembro, sugerindo a possível contaminação por esgoto humano. Em suma, esses resultados destacam a importância de adotar medidas de monitoramento, conservação e manejo do ambiente, com vistas a garantir a qualidade da água quanto à potabilidade na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste de Goiás, e, conseqüentemente, a manutenção da biodiversidade na região.

Palavras-chave: Análise físico-química e biológica da água. Bacia Hidrográfica do Rio São Bento. Qualidade da água. Sudeste de Goiás.

ABSTRACT

The quality of water in river basins has been a constant concern for organized civil society and public authorities, researchers and users of this essential resource for maintaining life and conserving the balance of biodiversity. In this sense, monitoring water in these areas becomes imperative in order to diagnose the elements present in the environment, considering the influence of seasonality and agricultural practices developed, drawing a parallel over the years to understand their variations and propose prevention measures, containment or bioremediation. Thus, this study proposed to analyze the physical, chemical and biological aspects of water from the São Bento River Basin, located in the municipalities of Catalão and Davinópolis, both in the State of Goiás, through collections of fresh water samples carried out in four collection campaigns at seven points distributed in the Basin area, from upstream to downstream, considering the four seasons of the year, making it possible to obtain results from analyzes using the methodology of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2017), the presence of compounds used in agriculture and livestock (2,4-D, Malathion, Glyphosate + AMPA, Carbofuran, Organochlorine and Organophosphate Compounds), metals (Iron and Aluminum) and biological elements (Escherichia Coli, Thermotolerant Coliforms and Total Coliforms) . With the data in hand, a comparative study was carried out between the results obtained in the periods, also drawing a parallel with studies developed by other authors in the same region. Some results were significant, such as the concentrations of Escherichia Coli and Coliforms, mainly during the dry period – October and December, suggesting possible contamination by human sewage. In short, these results highlight the importance of adopting environmental monitoring, conservation and management measures, with a view to guaranteeing water quality in terms of potability in the São Bento River Basin, Southeast of Goiás, and, consequently, maintaining the biodiversity in the region.

Keywords: Physicochemical and biological analysis of water. São Bento River Basin. Water quality. Southeast of Goiás.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Aspecto paisagístico de uma bacia hidrográfica, segundo Strahler (1951)	18
Figura 2 –	Disposição Geográfica do Bioma Cerrado no Brasil	28
Figura 3 –	Espécime de Tamanduá bandeira, animal típico do Cerrado	29
Figura 4	Área do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, com fragmentos de fitofisionomias de Cerrado em contraste com atividades da agricultura intensiva, Catalão (GO) – 2023	29
Figura 5 -	Localização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	31
Figura 6-	Localização dos Pontos de Coleta de Amostras na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	35
Figura 7 -	Fotografia mostrando o Ponto de Coleta 1 - Fazenda Florida, Catalão (GO)	36
Figura 8 -	Fotografia mostrando o Ponto de Coleta 2 - Fazenda Santa Inês, Catalão (GO)	37
Figura 9 -	Fotografia dá área do Ponto de Coleta 3 – Fazenda Santa Rita, Catalão (GO)	38
Figura 10 -	Fotografia da área do Ponto de Coleta 4 – Fazenda Maringá, Catalão (GO)	39
Figura 11 -	Ponte sobre o Rio São Bento montante – Ponto de Coleta 5, Catalão (GO)	40
Figura 12 -	Ponte do Rio São Bento, Médio Curso – Ponto de Coleta 6, Catalão (GO)	41
Figura 13 -	Ponte do Rio São Bento, Jusante - Ponto de Coleta 7, município de Davinópolis (GO)	42
Figura 14 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 5, realizada no Verão	44
Figura 15 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 6, realizada no Verão	44
Figura 16 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 7, realizada no Verão	44
Figura 17 -	Acondicionamento das Amostras de Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Verão	44
Figura 18 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 1, realizada no Outono	45
Figura 19 -	Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 6, realizada no Outono	45
Figura 20 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 7, realizada no Outono	45
Figura 21 -	Equipe realizando Coleta de Água em torneira de Poço Profundo no Ponto de Coleta 3	45
Figura 22 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Inverno	45
Figura 23 -	Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Inverno	45
Figura 24 -	Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 4, realizada no Inverno	46
Figura 25 -	Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 5, realizada no Inverno	46
Figura 26 -	Carta de Capacidade de Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano – Ano 2023	58

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 -	Parâmetros da água analisados e a metodologia empregada para cada análise	43
Quadro 2 -	Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Verão	48
Quadro 3 -	Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Outono	49
Quadro 4 -	Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Primavera	50
Quadro 5 -	Parâmetros da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Inverno	51
Gráfico 1 -	Concentração de Ferro Dissolvido nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	52
Gráfico 2 -	Concentração de <i>Escherichia coli</i> nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	53
Gráfico 3 -	Concentração de Coliformes Termotolerantes nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	54
Gráfico 4 -	Concentração de Coliformes Totais nos 7 Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	54
Gráfico 5 -	Concentração de Alumínio dissolvido nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	55
Gráfico 6 -	Valores de pH nos sete pontos de coleta, nas quatro Estações do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2-4-D -	Ácido diclorofenoxiacético
AMPA -	Ácido aminometilfosfônico
ANA -	Agência Nacional de Águas
BR -	Brasil
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<i>E. Coli</i> -	<i>Escherichia coli</i>
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA -	<i>Environmental Protection Agency</i>
Fe₂O₃ -	Óxido de Ferro ou Óxido férrico
GO -	Goiás
H⁺ -	Íon de Hidrogênio
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Km -	Quilômetro
l -	Litro
m -	Metro
mg/L -	Miligrama por litro
ml -	Mililitro
µg/l -	Micrograma por litro
µm -	Micra
MG	Minas Gerais
NEPSA	Núcleo de Estudos e Pesquisas Socioambientais
NMP -	Número Mais Provável
Org. -	Organização
PIB -	Produto Interno Bruto
pH -	Potencial Hidrogeniônico
POP -	Procedimento Operacional Padrão
PPGEO -	Programa de Pós-graduação em Geografia
QGIS -	Sistema de informação geográfica de código aberto
SEMMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão (GO)
UFC -	Unidades Formadoras de Colônia
UFCAT -	Universidade Federal de Catalão
UFG	Universidade Federal de Goiás
SMWW -	<i>Standard Methods for Examination of Water and Wastewater</i> (Método padrão para exame de água e águas residuais)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E ASPECTOS TEÓRICOS	15
1.1	Importância das Bacias Hidrográficas	17
1.2	Uso e ocupação do solo nas Bacias Hidrográficas	20
1.3	Principais consequências na utilização das áreas da Bacia Hidrográfica	22
1.4	Parâmetros analíticos na Água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento	23
2	ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA E DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA ESTUDADA	27
2.1	Caracterização Geoambiental do Cerrado na área estudada	27
2.2	Histórico e descrição geoambiental da área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento	30
2.3	Caracterização dos Pontos de Coleta de Água <i>in natura</i> na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano	34
2.4	Metodologias para Coleta e Análises das Amostras de Água <i>in natura</i>	43
2.5	Tratamento dos Dados e Resultados Coletados	46
3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS	47
3.1	Parâmetros da Água na Estação Climática Verão	48
3.2	Parâmetros da Água na Estação Climática Outono	49
3.3	Parâmetros da Água na Estação Climática Primavera	50
3.4	Parâmetros da Água na Estação Climática Inverno	51
3.5	Comparativo dos Parâmetros de Análises nas Quatro Estações Climáticas do Ano	52
3.5.1	Ferro Dissolvido	52
3.5.2	<i>Escherichia Coli</i>	53
3.5.3	Coliformes Termotolerantes	53
3.5.4	Coliformes Totais	54
3.5.5	Alumínio dissolvido	55
3.5.6	pH - Potencial Hidrogeniômico	55

3.6	Cartograma de Uso do Solo na Área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento	56
3.7	Discussão dos Resultados	59
3.7.1	Parâmetros físico-químicos da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento	59
3.7.2	Uso e ocupação do solo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento	62
4	CONSIDERAÇÕES	65
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO E ASPECTOS TEÓRICOS

A compreensão da dinâmica das bacias hidrográficas nos territórios de interesses diversos é fundamental para o gerenciamento dos recursos hídricos e para as tomadas de decisões relacionadas ao uso da água. O conhecimento das características físicas, químicas e biológicas das águas que escoam na área de uma bacia, bem como o conhecimento das condições geoambientais e a identificação dos usos e atividades humanas que impactam essas águas, permitem a adoção de medidas para garantir a disponibilidade e a qualidade da água para as atuais e futuras gerações.

Uma bacia hidrográfica pode ser compreendida como sendo uma área geográfica delimitada por divisores de água naturais, tais como montanhas, colinas ou elevações do terreno, que convergem para um curso d'água principal, como um rio, lago ou oceano. Ela é caracterizada pela rede de rios, ribeirões, córregos, riachos e afluentes que a compõem, bem como pelas características físicas, químicas e biológicas das águas que escoam nessa área.

São várias as definições para bacia hidrográfica, de acordo com a literatura, citando como exemplos ser considerada com uma área geográfica separada do restante do território por uma linha cumeada, dentro da qual as águas escoam para uma dada saída (Porto; Porto, 2008), ou ainda como áreas da superfície terrestre, delimitadas topograficamente, onde as águas das precipitações se escoam, separadamente, para uma única saída (BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, 2005), seguindo por ser pontuada como uma unidade geográfica com uma rede de drenagem, onde a precipitação é coletada em um curso d'água (EMBRAPA, 2006).

A despeito da importância das bacias hidrográficas, seus corpos hídricos podem ser afetados por uma série de fatores ambientais e antrópicos, dentre eles o uso e a ocupação do solo, como as atividades da agricultura, da pecuária e demais atividades humanas que podem trazer uma série de consequências para o ambiente. Pontualmente, o uso e a ocupação do solo dentro de áreas de bacias hidrográficas, quando a vegetação nativa é substituída por outras coberturas do solo, como as atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e transporte, assentamentos, ou outras formas de ocupação humana, podem causar diversas consequências negativas para os recursos hídricos, afetando diretamente a qualidade e a disponibilidade da água, conseqüentemente o ecossistema existente.

Nesse contexto, Oliveira (2014) e Menezes *et al.* (2016) citam a erosão e a sedimentação como consequências negativas, que podem ser provocadas por agentes naturais, como a ação de precipitações intensas em locais de relevo acidentado, que podem causar o escoamento de água superficial concentrado e com alta energia de transporte; ação continuada

de ventos intensos, que podem causar o desgaste de rochas ou de solos expostos ao tempo, além de promover o seu transporte para áreas distantes do local de origem; ação de geleiras sobre a rocha ou o solo, que podem atuar na abrasão da superfície e no carregamento de materiais, que podem ser desde pequenos sedimentos até rochas de grandes dimensões; o clima é outro fator que interfere diretamente no grau de intemperismo, através da pluviosidade e da temperatura, pois as áreas com maior frequência de precipitações tendem a registrar maior grau de erosão pluvial e as áreas cujo clima é seco e quente, a ação combinada da temperatura e dos ventos pode contribuir para a abrasão e o carregamento de sedimentos, ou agentes antrópicos (através da intervenção humana), visto que a retirada da vegetação nativa e a ocupação desordenada do solo, que podem levar à sua erosão e a consequente sedimentação dos corpos d'água, afetando a qualidade da água e reduzindo a capacidade de armazenamento dos reservatórios. Continua Menezes *et al.* (2016) afirmando que a poluição decorrente da atividade humana nas áreas urbanas e rurais pode gerar diversos tipos de poluentes, como metais pesados, agrotóxicos, esgoto, resíduos sólidos, entre outros, que são transportados pelas águas superficiais até os corpos d'água, afetando a qualidade da água e a saúde das pessoas e dos ecossistemas.

Nesse contexto, Francisco *et al.* (2012) apontam que as alterações no regime hidrológico, ou seja, o desmatamento e a impermeabilização do solo podem afetar o ciclo hidrológico, aumentando a frequência e a intensidade das enchentes e das secas, além de reduzir a disponibilidade de água para os diferentes usos. Também, Oliveira (2014) indica os impactos na biodiversidade como predatórios, visto que a ocupação desordenada do solo pode afetar a fauna e a flora locais/regional, causando a fragmentação de habitats, a perda de espécies e a redução da biodiversidade.

Assim, considerando a reconhecida importância que as bacias hidrográficas têm para o sistema biogeográfico da região em que se encontram, o presente estudo está focado na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, localizada em sua maior parte no município de Catalão, e uma menor parte, à jusante, no município de Davinópolis, no Estado de Goiás, na região Centro-Oeste do Brasil.

Segundo o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba (2000), a Bacia Hidrográfica do Rio São Bento tem uma área de drenagem de aproximadamente 744 Km² e está inserida na Região Hidrográfica do Paranaíba, que abrange áreas dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e do Distrito Federal.

Numa perspectiva geoeconômica, a utilização dos recursos hídricos da Bacia do Rio São Bento é destinada principalmente para a irrigação por meio de *pivot*, além de outras

atividades econômicas, como a piscicultura e pequenas irrigações em atividades de fruticulturas em pequenas propriedades.

Diante da importância desses corpos hídricos para a geração de energia, abastecimento público e conservação da biodiversidade, é essencial monitorar a qualidade da água de tais ambientes, bem como das regiões no entorno, visando prever mudanças nas condições ambientais que possam afetar a qualidade da água.

Neste escopo, este estudo buscou demonstrar a influência dos períodos sazonais e atividades antrópicas desenvolvidas na região da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, levando em consideração suas características físicas, químicas e biológicas da água e seus componentes, apuradas por meio de coletas quatro coletar regulares em 7 (sete) Pontos de Coleta estabelecidos, considerando as quatro Estações do Ano, considerando a importância que esta Bacia representa para a região, culminando na elaboração de uma Cartograma quanto ao uso do solo, tendo como referência o ano de 2023.

Importante ressaltar que tal pesquisa se justifica devido aos riscos potenciais de prejuízos ao solo, às águas e à conservação de resquícios das diferentes fitofisionomias do bioma Cerrado ainda existentes na área Bacia Hidrográfica estudada, visando amenizar os impactos decorrentes das alterações ambientais identificadas na área, ocasionando ainda influência negativa nas atividades antrópicas desenvolvidas na região e, conseqüentemente, a sobrevivência das comunidades bióticas presentes nesse complexo sistema biogeográfico.

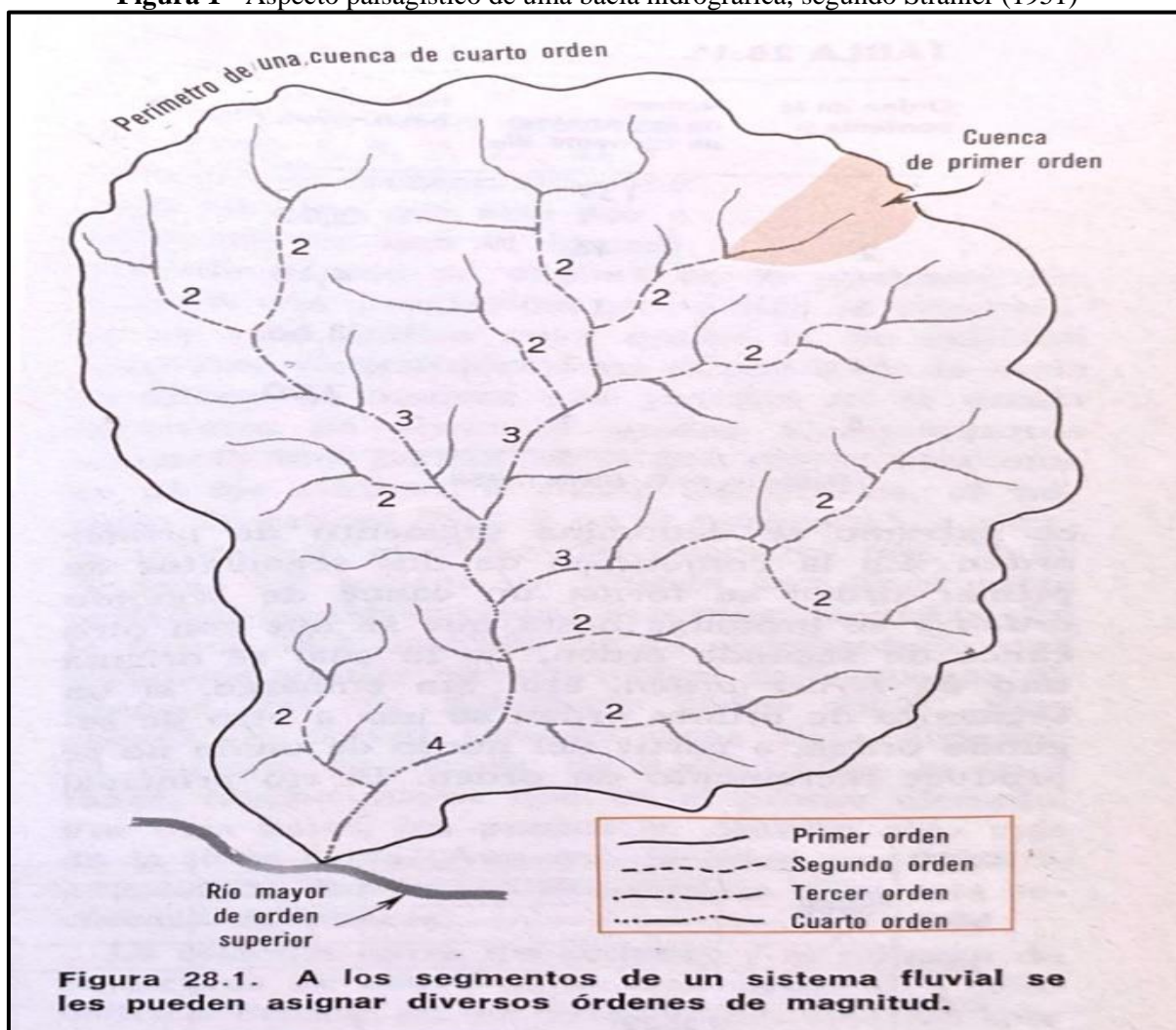
1.1. Importância das Bacias Hidrográficas

Bacias hidrográficas são áreas de terra que coletam e drenam água para um determinado curso, como um rio ou lago. São delimitadas por divisores de águas, que as separam e fazem fluir para diferentes cursos. A água que cai sobre a superfície da bacia hidrográfica é coletada por riachos e rios menores que, por sua vez, fluem para rios maiores, eventualmente alcançando o oceano ou um lago (Horton, 1933).

Segundo Strahler (1951), uma bacia hidrográfica, possui cursos de diferentes ordens, que fluem para um curso principal, conforme a Figura 1, onde capta a água superficial e subsuperficial abastecendo as diferentes nascentes que formam seus cursos:

Un sistema de drenaje consiste em un conjunto de pequeñas cuencas, cada una de las cuales se halla ajustadas en forma y tamaño a la magnitud del río a la que es tributaria. Las corrientes fluviales están dibujadas con líneas continuas y las divisorias con líneas de trazos. Esta zona es idéntica a la del ejercicio (Strahler, 1951, p. 509 - usada edição de 1988).

Figura 1 - Aspecto paisagístico de uma bacia hidrográfica, segundo Strahler (1951)



Fonte: Strahler (1951, 1988, p. 523).

Ainda, Monteiro e Silva (1979), ao estudarem a dinâmica dos recursos hídricos, ponderam que:

O conjunto de rios que se comunicam e convergem para um mesmo tronco, banhando um território onde escavam seus vales, formam uma *bacia hidrográfica*. A bacia hidrográfica representa a área de influência do trabalho de erosão de um rio e da sua rede de afluentes ou *rede de drenagem*. Os elementos representativos da erosão e da acumulação dos sedimentos são encontrados no curso dos rios e variam das nascentes para as desembocaduras, [...]. (Monteiro; Silva, 1979, p. 8 – grifos do original).

O resultado de processos geológicos e climáticos que moldam a paisagem ao longo do tempo geológico ocasionou a formação de diferentes fluxos das águas superficiais, surgindo as bacias hidrográficas. De acordo com Deffontaines e Chorowicz (1991), a formação de uma bacia hidrográfica começa com o levantamento de uma área de terra que, eventualmente, cria uma superfície inclinada. A água da chuva então escorre sobre essa superfície, erodindo o solo

e transportando sedimentos para áreas mais baixas. Esse processo é aprimorado pela ação da vegetação, que ajuda a reter a água e reduzir a erosão. Ao longo do tempo, a superfície inclinada se torna mais suave e as áreas mais baixas se tornam planas, criando uma bacia hidrográfica.

Outro fator que contribui para o surgimento das bacias hidrográficas é a dinâmica climática. De acordo com Hill, Keddy e Wisheu (1998), as mudanças no clima, como o aumento ou diminuição das chuvas, podem afetar a taxa de erosão do solo e o fluxo de água em uma bacia hidrográfica. Isso pode afetar a forma e o tamanho da bacia hidrográfica ao longo do tempo.

Os recursos hídricos são de extrema importância para a sociedade humana e demais seres vivos, possuindo uma série de utilidades e importâncias ecológicas, econômicas e sociais. Assim, as bacias hidrográficas são áreas cruciais para o fornecimento de água doce e outros recursos naturais, sendo abordados em várias disciplinas, tais como geologia, hidrologia e ecologia.

Em relação à importância ecológica, as bacias hidrográficas são habitats naturais para uma grande variedade de espécies da biota, como os animais e vegetais, além de serem fonte de recursos naturais. De acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964), as bacias hidrográficas são responsáveis por manter a biodiversidade e os processos ecológicos que sustentam a vida na Terra, incluindo a purificação da água e a manutenção da qualidade do solo. Além disso, a vegetação presente nas bacias hidrográficas é fundamental para o equilíbrio ambiental, repondo a matéria orgânica, atuando como filtro natural para a água e reduzindo a erosão superficial do solo.

Quanto à relevância econômica, de acordo com sua amplitude geográfica, as bacias hidrográficas fornecem água potável, recursos pesqueiros e materiais de construção, além de serem importantes para as atividades agrícolas e na produção de energia hidrelétrica. Segundo Araújo *et al.* (2015), a água fornecida pelas bacias hidrográficas é essencial para o funcionamento de diversas atividades econômicas, incluindo a produção industrial, o abastecimento público, a irrigação de culturas agrícolas e para a dessedentação de animais. Ainda, a produção de energia hidrelétrica figura como sendo uma das principais fontes de energia limpa e renovável em muitos países, sendo o Brasil destaque mundial nessa produção.

Por fim, quanto à questão social, as bacias hidrográficas são fundamentais para a saúde e o bem-estar das comunidades humanas que dependem dos recursos naturais fornecidos por essas áreas. De acordo com Vörösmarty *et al.* (2010), as bacias hidrográficas desempenham um papel importante na manutenção da qualidade de vida e da segurança alimentar de milhões de pessoas em todo o Mundo. Além disso, essas áreas oferecem oportunidades de lazer e turismo,

contribuindo para a economia local. Nesse contexto, o Brasil vem se destacando mundialmente na produção de energia hidráulica e na produção agrícola.

Finalmente, as bacias hidrográficas são ecossistemas vitais para a saúde e o bem-estar da sociedade humana, fornecendo uma ampla variedade de benefícios ecológicos, econômicos e sociais. Compreender e gerenciar essas áreas, de maneira responsável, é fundamental para garantir a qualidade de vida e a sobrevivência da humanidade e da biodiversidade presentes nesses sistemas, em especial na área da Bacia hidrográfica do Rio São Bento.

1.2. Uso e ocupação do solo nas Bacias Hidrográficas

As atividades humanas nas áreas das bacias hidrográficas têm impactos significativos sobre os ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes, incluindo a própria dinâmica da bacia. Dentre as principais atividades humanas, destacam-se a agricultura, a mineração e a pecuária, que podem gerar impactos negativos ao ambiente.

No Brasil, e especialmente no Estado de Goiás, a agricultura é uma das principais atividades econômicas nas áreas das bacias hidrográficas, sendo responsável pela produção de alimentos e geração de rendas, porém com impactos ambientais consideráveis. Nesse aspecto, é preciso ressaltar que o uso desordenado de fertilizantes e insumos químicos pode causar contaminações dos solos e das águas subterrâneas e superficiais, afetando a qualidade da água e a biodiversidade dos ecossistemas terrestres e aquáticos adjacentes.

Outra consequência do uso de fertilizantes e agrotóxicos é a lixiviação e percolação desses produtos agrícolas, representando um dos principais problemas ambientais enfrentados pelos ecossistemas aquáticos. Essa lixiviação ocorre quando os resíduos dos agrotóxicos e dos fertilizantes utilizados nas atividades agrícolas são arrastados pelas chuvas e escoados para as águas superficiais, atingindo também as subterrâneas, causando uma série de impactos negativos na dinâmica ecossistêmica, atingindo diretamente a fauna e a flora aquáticas (Esteves, 1998).

Continua Esteves (1998) afirmando que a lixiviação de produtos agrícolas pode causar a eutrofização¹ dos corpos d'água, ou seja, o enriquecimento excessivo de nutrientes na água. Esse enriquecimento favorece a proliferação de algas e plantas aquáticas, que consomem grande

¹ **Eutrofização** - é o processo de poluição de corpos d'água, como rios e lagos, que acabam adquirindo uma coloração turva ficando com níveis baixíssimos de Oxigênio dissolvido na água. Isso provoca a morte de diversas espécies animais e vegetais, e tem um altíssimo impacto para os ecossistemas aquáticos. (Disponível em: <https://www.google.com/search?q=eutrofização>. Acesso em: abr.2024)

quantidade de oxigênio, alterando os ambientes hídricos, prejudicando a fauna aquática, entre outros impactos ao ambiente.

Desta feita, a eutrofização pode causar a formação de zonas mortas, que são áreas com baixa concentração de Oxigênio, nas quais a vida aquática é praticamente inexistente. Smith (2020) corrobora com o que afirma Esteves (1998), salientando que esse processo pode ser causado por diversas fontes, incluindo a agricultura intensiva (principalmente pelo excesso de Fósforo), pelo lançamento de esgotos doméstico e industrial, tendo como resultado o crescimento excessivo de algas e outros organismos, o que pode levar à diminuição do Oxigênio dissolvido na água, afetando diretamente as comunidades biológicas que ali habitam.

A lixiviação de produtos agrícolas também pode afetar a qualidade da água, a saúde humana e demais seres vivos envolvidos no ecossistema afetado. Segundo Bin *et al.* (2003), os resíduos de agrotóxicos presentes na água podem causar intoxicações agudas e/ou crônicas em seres humanos e animais que utilizam dessa água contaminada para consumo ou recreação. Além disso, tais produtos podem causar mutações genéticas, câncer, danos ao sistema nervoso e imunológico, entre outros efeitos adversos à saúde humana e de outros organismos.

Além da agricultura, a mineração também é uma atividade econômica que causa graves impactos ambientais, especialmente nas áreas das bacias hidrográficas. A extração de minerais, como argilas, areias, garimpos, entre outros, pode gerar uma série de efeitos negativos para os ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes, além de afetar diretamente a própria bacia hidrográfica, considerando que as atividades mineradas, no geral, alteram a turbidez além de lançar diferentes produtos químicos na água, com o Mercúrio, muito usado nas atividades de extração do Ouro e outros bens minerais.

De acordo com Araújo *et al.* (2019), as atividades advindas da mineração podem causar a contaminação da água por metais pesados, como Mercúrio, Chumbo, Cádmio e Arsênio, que são liberados durante o processo de extração e beneficiamento dos minérios. Esses metais se acumulam nos sedimentos e nos organismos aquáticos, afetando a cadeia alimentar e causando efeitos adversos na saúde humana e animal.

Associado a isso, a mineração pode alterar a morfologia do terreno, com a abertura de grandes cavas e a deposição de estéreis e rejeitos, que acabam obstruindo o fluxo de água e provocando o assoreamento dos corpos d'água. Segundo Trindade *et al.* (2016), o assoreamento causa a redução da capacidade de armazenamento de água da bacia hidrográfica, afetando a disponibilidade de água para consumo humano, irrigação e outros usos.

A mineração também pode provocar a fragmentação de habitats naturais, o que leva à perda da biodiversidade e ao surgimento de espécies invasoras. Segundo Lima e Ferreira

(2012), a mineração pode causar a degradação e fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa, aumentando a vulnerabilidade de espécies ameaçadas de extinção.

Outra atividade que afeta diretamente a dinâmica de uma bacia hidrográfica é a geração de energia hidrelétrica, visto que para a geração por meio de Usinas Hidroelétricas, há necessidade de construir barramentos no curso d'água, formando grandes reservatórios de água, com a supressão obrigatória das diferentes fitofisnomias, em especial as ciliares, o que altera a dinâmica regional. Ainda, esse procedimento da construção do barramento interrompe o fluxo natural da ictiofauna via curso d'água, causando diferentes impactos negativos a fauna regional, bem como a formação dos lagos artificiais transformas ambiente lóticos² em lênticos³, alterando totalmente a dinâmica da água, conseqüentemente a dinâmica biogeográfica da bacia hidrográfica, na maioria das vezes provocando a extinção de espécies.

Ademais, as atividades humanas nas áreas de uma bacia hidrográfica também podem afetar o regime hidrológico da bacia, gerando conseqüências para a disponibilidade e qualidade da água. Segundo Bruijnzeel (2001), o desmatamento e a urbanização em torno das bacias podem afetar o ciclo hidrológico, aumentando a erosão do solo e a ocorrência de inundações e deslizamentos de terra.

1.3. Principais conseqüências na utilização das áreas da Bacia Hidrográfica

Além das conseqüências para as comunidades biológicas que a deterioração da qualidade da água pode resultar, é importante considerar que os diversos usos das áreas de uma bacia hidrográfica também são prejudicados ou inviabilizados com a poluição/contaminação do ambiente e a redução da qualidade da água.

Segundo Leal (2012), as bacias hidrográficas possuem diversos usos, dentre eles o uso para o abastecimento público de água, para irrigação de lavouras, para geração de energia hidrelétrica, para o lazer e turismo, entre outros usos. A poluição e a deterioração da qualidade

² **Ecossistemas Lóticos** - o termo lótico, significa, "água fluvial", são definidos pela presença de água em movimento. Deste modo, o melhor exemplo de ambiente lótico são os rios, riachos e córregos, nos quais a correnteza permanentemente desloca a água de montante (nascente) a jusante (desague). (Disponível em: <https://www.infoescola.com/biomas/ecossistemas-loticos/>. Acesso em: abr.2024).

³ Os Sistemas **Lênticos** são definidos pela presença de água parada ou com pouco movimento. Eles são representados por lagos, lagoas, reservatórios ou charcos, nos quais o tempo de residência (tempo que a água permanece no sistema) costuma ser alto pois o seu fluxo é baixo. A temperatura da água é ditada pela radiação solar e a química pela evaporação, com variação da salinidade. (Disponível em: <https://www.infoescola.com/biomas/ecossistemas-lenticos/>. Acesso em: abr.2024).

da água prejudicam severamente esses usos, colocando em risco a segurança hídrica e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, com riscos iminentes à saúde dos seres vivos.

No caso do abastecimento público de água, a poluição e/ou contaminação pode causar problemas de saúde pública, já que a água contaminada pode transmitir doenças infecciosas ou provocar envenenamentos. De acordo com um estudo de Geissen *et al.* (2015), a poluição das águas superficiais é um dos principais fatores responsáveis pela baixa qualidade da água em sistemas de abastecimento público no Brasil, situação essa que precisa ser revertida.

A agricultura também é um setor que depende diretamente da qualidade da água. A irrigação de lavouras com água contaminada afeta negativamente a produtividade das plantas e a qualidade dos alimentos produzidos. Ainda, a contaminação por produtos químicos e agrotóxicos afeta a saúde humana e a biodiversidade aquática, como destacado por Figueiredo *et al.* (2016).

Na geração de energia hidrelétrica, outro uso importante das bacias hidrográficas, a poluição e contaminação da água pode afetar a eficiência das turbinas e gerar problemas na manutenção das usinas, além das mudanças no sistema hídrico, como já alertado na subseção anterior.

Por fim, a poluição e a deterioração da qualidade da água podem afetar negativamente os diferentes usos recreativos e turísticos nas bacias hidrográficas, afetando a economia local e o bem-estar da população humana. De acordo com um estudo de Gatzke (2017), a poluição das águas superficiais afeta a qualidade dos rios, lagos e das praias, reduzindo o turismo, podendo afetar as atividades socioeconômicas locais e regionais.

1.4. Parâmetros analíticos na Água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento

Considerando as análises feitas nos sete Pontos de Coleta previamente determinados na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, objeto deste estudo, vale apontar as variáveis e os parâmetros de qualidade de água analisadas.

Tendo sido definidos os Pontos de Coletas de amostras de água *in natura*, bem como os produtos a serem mensurados e utilizados na produção agrícola na área, considerando a composição dos diferentes insumos possíveis de serem detectados na área por meio de análises físicas, químicas e biológicas, segundo parâmetros, técnicas e metodologias disponíveis no mercado comercial-tecnológico, assim especificadas.

O *Malation (Dimethoxyphosphinothioylthio)* é um composto químico usado como pesticida para controlar pragas em plantações e áreas urbanas. É uma substância tóxica para

insetos, mas também pode ser prejudicial para humanos e outros animais se não for manuseada adequadamente. Essa substância age como um inibidor da Acetilcolinesterase, uma enzima importante no sistema nervoso dos seres vivos, que leva a uma hiper estimulação do sistema nervoso dos insetos, levando-os à morte (Brasil - Ministério da Saúde, 2017). Devido sua toxicidade, o uso do Malation é regulamentado em muitos países e deve ser realizado com precauções adequadas de segurança.

Outra substância presente no estudo são os Organofosforados, que são compostos químicos que possuem um Grupo de Fosfato em sua estrutura molecular e são utilizados em diversos setores industriais, incluindo a agricultura, como inseticidas e herbicidas. Esses compostos agem como inibidores da enzima *Colinesterase*, responsável pela degradação do neurotransmissor acetilcolina, resultando em efeitos tóxicos para os organismos alvo e para o meio ambiente (*World Health Organization*, 2001).

Há também os compostos Organoclorados, que são compostos químicos que contêm pelo menos um átomo de Cloro em sua estrutura molecular. Eles são usados em uma variedade de aplicações industriais e agrícolas, incluindo pesticidas, solventes, retardadores de chama, agentes de limpeza, entre outros (Tanabe, 2002).

Um parâmetro amplamente utilizado para avaliar a eficácia da desinfecção da água e garantir a segurança do consumo humano é o Cloro residual livre, ou seja, o Cloro presente na água que não reagiu com matéria orgânica, microrganismos ou outros compostos químicos, e está disponível para inativar micro-organismos patogênicos.

Em relação aos demais parâmetros, o Ferro dissolvido é a quantidade de Ferro presente na água na forma solúvel, que significa a quantidade que pode ser retida por um filtro de 0,45 µm. Esse parâmetro é importante para avaliar a qualidade da água, uma vez que o excesso de Ferro dissolvido pode causar problemas de sabor, cor e odor, além de contribuir para o crescimento de micro-organismos, como bactérias e microalgas (*American Public Health Association*, 2017).

Além do Ferro, existem outros metais que podem ser solúveis em água e estar presentes no ambiente em maiores ou menores concentrações. O Alumínio dissolvido, por exemplo, se refere à quantidade de Alumínio presente em solução na água, podendo ser encontrado em águas superficiais e subterrâneas. O Alumínio dissolvido é uma medida importante para avaliar a qualidade da água e é utilizado como indicador de processos de tratamento e qualidade da água para consumo humano.

Parâmetros biológicos também são amplamente utilizados para avaliar a qualidade da água, dentre eles a presença de *Escherichia coli* (*E. coli*), que é uma bactéria comumente

encontrada no trato gastrointestinal de humanos e animais. Embora a maioria das cepas de *E. Coli* seja inofensiva, algumas podem causar doenças, incluindo diarreia, infecções do trato urinário e até mesmo infecções graves como septicemia. No Brasil, os níveis permitidos de *Escherichia coli* na água para consumo humano são estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. Segundo essa Portaria, a água para consumo humano deve estar livre de *Escherichia coli* em qualquer volume amostrado, ou seja, não é aceitável a presença desta bactéria na água considerada própria para consumo de humanos.

Também, os Coliformes Termotolerantes são bactérias do grupo coliformes que podem crescer em temperaturas elevadas (44,5 °C). A presença dessas bactérias em água é uma indicação da contaminação fecal e pode representar risco à saúde pública. A análise de Coliformes Termotolerantes é uma das formas de avaliar a qualidade microbiológica da água (Brasil - Ministério da Saúde, 2011). O limite permitido para Coliformes Termotolerantes na água, no Brasil, é de 1000 NMP/100 mL (Número Mais Provável por 100 mL de amostra), de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.

Os Coliformes Totais, por sua vez, são bactérias que habitam o trato intestinal de animais de sangue quente e que podem estar presentes em água, solo e alimentos. Sua presença indica que há possibilidade de contaminação fecal e, portanto, risco potencial à saúde pública.

Em se tratando de aditivos agrícolas, o 2,4-D (Ácido Diclorofenoxiacético) é um herbicida amplamente utilizado para controlar plantas daninhas em campos agrícolas, pastagens, florestas e áreas urbanas. É um composto químico orgânico da classe dos ácidos carboxílicos e pertence à família dos ácidos fenoxiacéticos. O excesso de 2,4-D na água pode causar diversas consequências ao meio ambiente, incluindo a contaminação de corpos d'água, afetando a vida aquática e também a saúde humana. A exposição a longo prazo ao 2,4-D pode levar a efeitos adversos à saúde, incluindo problemas neurológicos, câncer e efeitos reprodutivos (Leão, 2017).

Ainda, na seara dos produtos para uso agrícola, o Glifosato + AMPA (N-Fosfometilglicina) é um herbicida que combina os ingredientes ativos glifosato e amina de ácido aminometilfosfônico (AMPA). É amplamente utilizado na agricultura e na silvicultura para controlar ervas daninhas e gramíneas em campos de cultivo, florestas e áreas não agrícolas (Jost; Habedank, 2020).

O Carborfurano é um pesticida de uso comum na agricultura para controle de pragas. Seu excesso em ambientes aquáticos pode afetar a qualidade da água e ter efeitos nocivos em

organismos aquáticos, incluindo peixes e crustáceos, afetando seus sistemas nervosos e reprodutivos (Rodney *et al.*, 2013).

Por fim, o pH (potencial Hidrogeniônico) é uma medida de acidez ou alcalinidade de uma solução, que indica a concentração de íons de Hidrogênio (H⁺) presentes na solução. O pH é medido numa escala de 0 a 14, na qual valores abaixo de 7 indicam acidez, e os valores acima de 7 indicam alcalinidade, enquanto que o valor 7 representa a neutralidade (César; Andrade; Alvim, 2005).

Nesse contexto, a análise da qualidade da água e seus componentes na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, considerando a influência de períodos sazonais climáticos e atividades antrópicas desenvolvidas na região, ofereceu subsídios importantes para a análise quanto a presença desses insumos e seus derivados nas águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio São Bentos, no Sudeste Goiano.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA E DESCRIÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA ESTUDADA

Para uma melhor compreensão, faz-se necessário contextualizar geograficamente a área em que a pesquisa se desenvolveu, sendo importante pontuar as características peculiares das fitofisionomias do Cerrado presentes na área, descrevendo ainda a metodologia utilizada para analisar o material coletado e os consequentes resultados.

2.1. Caracterização Geoambiental do Cerrado na área estudada

O Cerrado é um Bioma da América do Sul, preponderante no território do Brasil, com grande biodiversidade e importância ecológica, ocupando cerca de 23% do território nacional, cujas paisagens são configuradas por diferentes fitofisionomias, como afirma, Ribeiro e Walter (1998, 2008) e Ferreira (2003, 2008, 2023).

Nessa acepção, segundo Ribeiro e Walter (1998), o clima predominante no Cerrado é o Tropical Sazonal, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, que vai de outubro a março, e outra seca, que vai de abril a setembro. As temperaturas variam de acordo com a época do ano, sendo mais quentes na estação seca.

A vegetação do Cerrado é composta por diversos tipos de fitofisionomias, compreendendo as Formações Florestais, Savânicas e Campestres (Ribeiro; Walter, 1998, 2008; Ferreira, 2003, 2008), como os Cerradões, Cerrado Típico, Campos e Matas de Galeria, entre outras formações, apresentando grande diversidade de espécies vegetais em seus diferentes extratos fisionômicos, bem como de uma fauna variada (Figura 2).

De acordo com Klink e Machado (2005), a vegetação do Cerrado é adaptada às condições climáticas e edáficas da região, apresentando características como raízes profundas, cascas espessas e sementes resistentes ao fogo. Entre as espécies vegetais típicas do Cerrado estão os Ipês (*Tabeluia* sp), o Buriti (*Mauritia vinifera*), o Pequi (*Caryocar brasiliensis*), o Jatobá (*Hymenaea* sp), o Pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), entre diversas espécies de ocorrência (Ferreira, 2008).

Os solos do Cerrado são caracterizados por serem ácidos e geralmente com déficits de nutrientes, apresentando altos teores de Alumínio e Ferro.

Figura 2 – Disposição Geográfica do Bioma Cerrado no Brasil

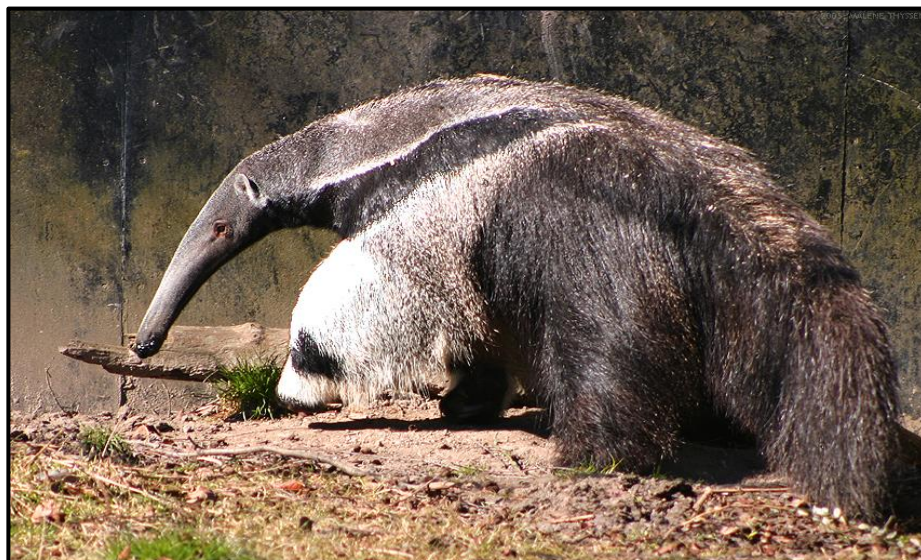


Fonte: IBGE/EMBRAPA (2018), In.: KUHLMANN, M. Frutos e sementes do Cerrado: espécies atrativas para fauna. 2. ed. Brasília: M. K. Peres, 2018.

Segundo Ribeiro e Walter (1998), essa característica do solo é um fator determinante na seleção das espécies vegetais que ocorrem no Bioma – relação edáfica, sendo responsável pela alta diversidade de formas de vida adaptadas a essas condições. Além disso, a atividade de formigas e cupins é importante para a manutenção da fertilidade do solo, entre outras características, sendo responsáveis pela formação de solos mais férteis na região.

O Cerrado abriga uma grande variedade de animais, com destaque para as aves, répteis e mamíferos. Entre os mamíferos típicos do Bioma estão o Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), a Onça-pintada (*Panthera onca*), o Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), como mostra a Figura 3, a Anta (*Tapirus terrestris*) e o Tatu-canastra (*Priodontes maximus*), entre outros. De acordo com Machado *et al.* (2004), o Cerrado é uma das áreas de maior diversidade de répteis do Mundo, com destaque para as serpentes e os lagartos. Já entre as aves, podem ser encontradas espécies como o urubu-rei, o tucano-toco, a seriema e o papagaio-verdadeiro.

Figura 3 – Espécime de Tamanduá bandeira, animal típico do Cerrado



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tamandua-bandeira#/media/Ficheiro:Myresluger2.jpg> (2024)

O Cerrado é um Domínio Morfoclimático e paisagístico ameaçado pela expansão das atividades humanas (Figura 4), como a agricultura e a pecuária. Segundo Oliveira (2014), conversão de áreas naturais em pastagens e lavouras tem sido uma das principais causas da fragmentação e perda de habitats no bioma. Além disso, o Cerrado também sofre com o desmatamento ilegal, a caça e a exploração de recursos naturais, como a madeira.

Figura 4 – Área do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, com fragmentos de fitofisionomias de Cerrado em contraste com atividades da agricultura intensiva, Catalão (GO) – 2023



Foto: Giovani Correia Junior (2023) – Fotografia aérea obtida por Drone.

Apesar dos desafios socioambientais, existem esforços para preservar e conservar o Domínio Biogeográfico do Cerrado. De acordo com Ribeiro e Walter (1998), a criação de unidades de conservação, como parques e reservas, tem sido uma estratégia importante para a proteção do Bioma. Essa é uma medida que deve ser aprimorada e implementado como uma Política de Estado no Brasil.

2.2. Histórico e descrição geoambiental da Área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento

A Bacia do Rio São Bento está compartimentada em duas localidades distintas: uma parte, constituída pelo Alto e Médio Cursos, se encontra no território do Distrito de Santo Antônio do Rio Verde, que faz parte do município de Catalão (GO), e a outra parte, constituída pelo Baixo Curso, encontra-se no município de Davinópolis (GO), como mostra a Figura 5.

A região de Catalão está localizada na Microrregião Geográfica de Catalão, no Estado de Goiás, e cobre uma área de 3.826,37 Km², tendo uma população humana de 114.427 habitantes, sendo que aproximadamente 93% residem na área urbana, conforme dados do IBGE (2022). O Município faz fronteira com os municípios de Campo Alegre de Goiás, Ipameri, Goiandira, Cumari, Ouvidor e Davinópolis, como também com o Estado de Minas Gerais.

Atualmente o município de Catalão é pujante, tendo sido constituído a partir de 1722, com o advento da Bandeira do Anhanguera, o Filho, que por essas paragens passou, fincando suas roças nas nascentes do Córrego do Almoço, atual área urbana da cidade de Catalão, sendo o Povoado elevado à categoria de Prelazia em 1836, e a categoria de município no ano de 1859. Sua economia é alavancada pela chegada da Estrada de Ferro, que adentra seu território no ano de 1913, no então Distrito de Cumari, na margem direita do Rio Paranaíba.

No que se refere à economia, o município de Catalão (GO) experimentou um notável crescimento econômico a partir da década de 1940, tornando-se uma referência no Estado de Goiás. Atualmente, os indicadores econômicos do Município são bastante expressivos, com um PIB municipal *per capita* de R\$ 86.685,74 (IBGE, 2021), resultado em grande parte pela presença do Complexo de Mineração e da produção de fertilizantes que foram instalados no Município no início da década de 1970, juntamente com as montadoras de automóveis Mitsubishi Motors e Suzuki, e a fabricante de máquinas agrícolas John Deere do Brasil, que foram estabelecidas na Cidade na segunda metade da década de 1990.

Figura 5 – Localização Geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano



Fonte/Cartografia: CONFESSOR, J. G. - Projeto PNPD/CAPES-PPGEO/UFCAT (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

A Bacia Hidrográfica do Rio São Bento está localizada a cerca de 90 Km da cidade de Catalão (GO) e ocupa a maior parte do território do Distrito de Santo Antônio do Rio Verde, estendendo-se pela região nordeste do Município. É acessada pela BR-050 até o Distrito de Pires Belo, também no município de Catalão, e é intersectada pela Rodovia Estadual GO-506, que permite o acesso à mesma. A área total da bacia é de aproximadamente 94.860,4189 hectares (Lima, 2014).

Outro Município em que se localiza parte da área da Bacia é Davinópolis, também no Estado de Goiás, que abrange uma área de 482,857 Km² e tem uma população humana de 1.902 habitantes, de acordo com o IBGE (2022), sendo que a origem do Povoado está relacionada à doação de terras feita por José David de Souza, em 1948, à Prefeitura de Catalão, com a finalidade de construir no local uma Escola.

A construção de casas ao redor da Escola durante a década de 1940 deu origem ao Povoado, que inicialmente recebeu o nome de Grupo, em referência à denominação da Unidade Escolar. Posteriormente, o nome do Povoado foi mudado para Barra, em virtude da proximidade da junção dos rios São Bento e São Marcos. A partir de melhorias nas condições de acesso, o Povoado foi elevado à categoria de Distrito por meio da Lei Municipal de Catalão nº 20, de 19 de agosto de 1963, com o nome de Davinópolis, sendo que em 14 de novembro do mesmo ano, através da Lei Estadual nº 4.928, o Distrito de Davinópolis tornou-se um Município (Davinópolis, 2023).

O ambiente concernente à Bacia Hidrográfica do Rio São Bento é caracterizado por uma paisagem predominantemente de Cerrado, com presença de vegetação ciliares nas margens do curso principal e de seus tributários, a maioria formando área úmidas de Veredas, que desempenham papel fundamental na manutenção da qualidade da água e da biodiversidade da região.

De acordo com Lima (2014), a vegetação ciliar é responsável por fornecer sombra, proteção contra a erosão e servir como fonte de alimento e abrigo para diversas espécies de animais, além de contribuir para a filtragem de poluentes e a manutenção da qualidade da água, configurando um sistema biogeográfico regional.

Quanto às características físicas e químicas da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, estudos realizados por Oliveira (2014), apontam que a água apresenta uma coloração amarelada, com elevados teores de sólidos totais e elevada condutividade elétrica, indicando a presença de substâncias dissolvidas na água.

A área da Bacia é impactada por diversas atividades antrópicas que afetam diretamente a qualidade da água e do ambiente no seu interior. Segundo Oliveira *et al.* (2020), a principal

atividade na região é a agricultura, com destaque para a produção de soja, milho e sorgo, que utilizam intensivamente fertilizantes e agroquímicos. Além disso, a pecuária também é uma atividade importante na região, com a criação de gado bovino de corte e leiteiro, principalmente na porção mais a jusante da Bacia.

Na região da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento existem propriedades agrícolas de grandes extensões pertencente a uma única pessoa, uma família ou empresa, que se caracterizam pela exploração extensiva e intensiva de seus recursos. Em algumas propriedades agrícolas é utilizado um sistema de agricultura irrigada por meio de pivôs, composto por uma torre central com uma série de braços de pulverização/irrigação, que é implantado em área circular projetada para receber uma estrutura suspensa que em seu centro, com uma tubulação e por meio de um sistema giratório, a água é aspergida por cima da plantação. Os pivôs de irrigação podem ser utilizados também para a aplicação de insumos liquefeitos, pesticidas e produtos químicos, assim como para a fertirrigação da plantação, processo esse responsável por inserção de insumos ao solo e na água superficial, fluindo para os aquíferos subsuperficiais.

Nas propriedades agrícolas localizadas na região da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, são utilizadas diversas formas de cultivo na prática da agricultura: plantio direto, rotação de culturas, curvas de nível e afolhamento. A diversidade de técnicas existe em razão dos diferentes fins, pois existem situações que os agricultores priorizam a produtividade, e situações que os agricultores priorizam a conservação dos solos. A agricultura é praticada de maneira tecnicada e estruturada, com o uso de diversas tecnologias, insumos e planejamentos socioeconômicos.

Além disso, a urbanização tem crescido na região, com a construção de novas estradas, moradias e a expansão do comércio e serviços. Esse processo pode gerar um aumento na demanda por água e rede de esgoto, além de gerar poluição e alterações na paisagem natural da região (Lima; Ferreira, 2012).

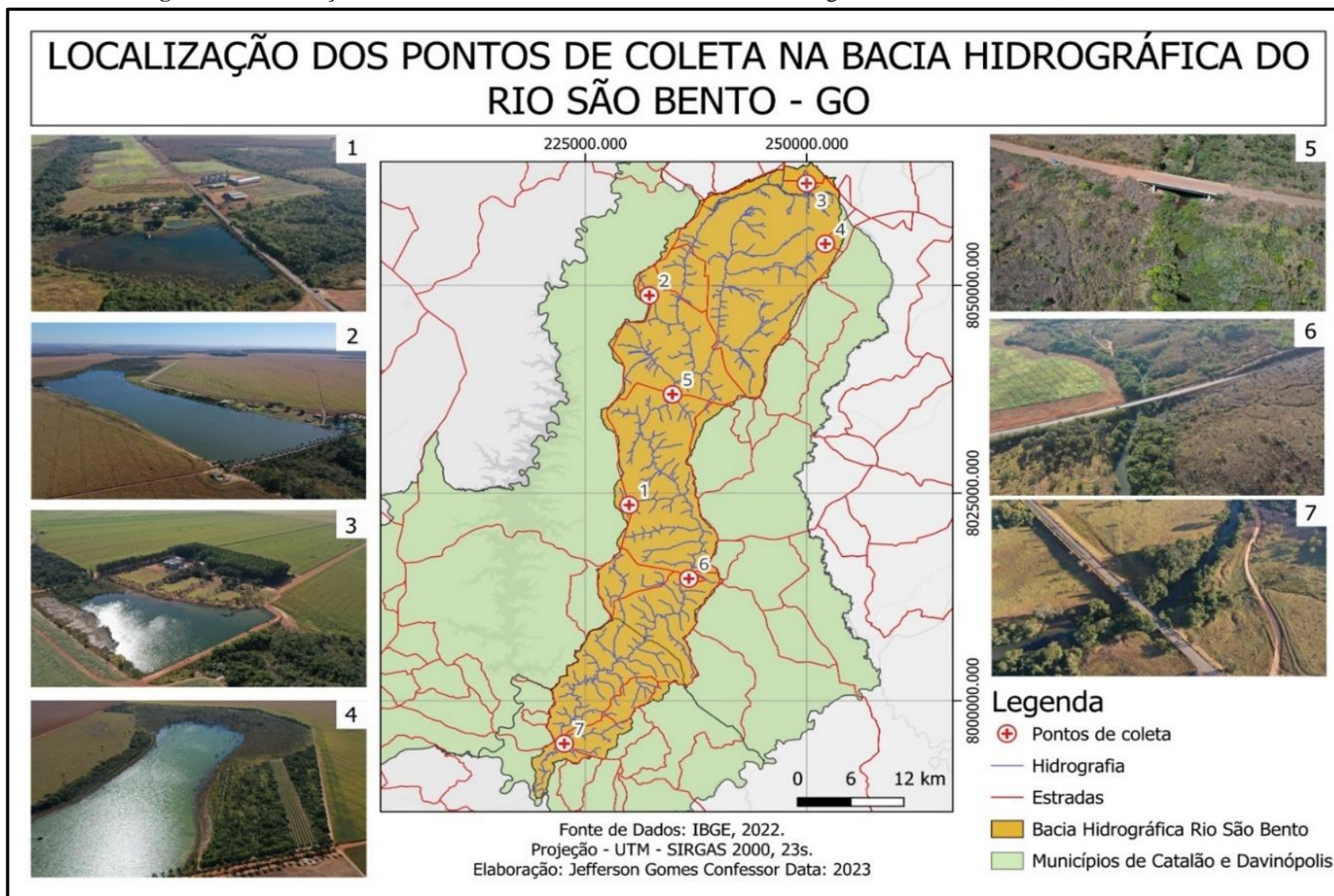
Importante salientar que o curso da água e suas respectivas influências, sejam elas de caráter antrópico ou não, possibilitam diferentes reflexos ambientais ao longo da Bacia, possivelmente apresentando um resultado diverso de montante para a jusante, considerando o somatório de usos diversos ao longo do percurso do curso principal. As atividades antrópicas podem ter impactos significativos sobre a qualidade da água e do ambiente também no entorno da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, sendo necessária a adoção de medidas de proteção e recuperação dos recursos naturais na região.

2.3. Caracterização dos Pontos de Coleta de Água *in natura* na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano

Visando dinamizar a percepção socioambiental da área da Bacia, para realizar a coleta de amostras de água *in natura* e a consequente análise de dados, foram estabelecidos 7 (sete) Pontos de Coleta ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, conforme mostra a Figura 6, considerando os pontos de pesquisa de Ferreira (2003), que realizou análises físico-químicas de água superficial em cinco dos sete Pontos de Coletas, considerando as informações pré-existentes do *Projeto Aguas Futuras do Cerrado*, desenvolvido por Pesquisadores do Núcleo de Estudos e Pesquisas Socioambientais – NEPSA-UFCAT/CNPq, que vem desenvolvendo estudos sistemáticos na referida área.

Vale ressaltar que, para a escolha dos Pontos de Coleta, também foram considerados seus acessos, altitude, posição geográfica em relação à Bacia, o uso e a ocupação das áreas e a distância entre os pontos, possibilitando uma análise geral em locais importantes e distintos na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, nos períodos úmido (outubro a março) e seco (abril a setembro), bem como por terem sido referências nas pesquisas de Ferreira (2003), que realizou análises relativas a alguns parâmetros físico-químicos nessa Bacia Hidrográfica, com o acréscimo de mais dois Pontos de Coleta.

Figura 6 – Localização dos Pontos de Coleta de Amostras na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano



Fonte/Cartografia: CONFESSOR, J. G. - Projeto PNPD/CAPES-PPGEO/UFCAT (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

PONTO DE COLETA 1– Córrego Águas Emendadas – Fazenda Florida, Catalão (GO)

Localizado na área da Fazenda Florida, propriedade rural no município de Catalão (GO), foi verificada a ocorrência de Latossolos em relevo plano, com extenso plantio de soja e pecuária. Nessa região, o plantio de soja é realizado no mês de outubro com a previsão de colheita no período entre os meses de janeiro, e uma segunda safra com milho ou sorgo, com colheitas em maio/junho. A primeira coleta realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja, com possível uso de herbicida 2,4-D. A segunda coleta realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o segundo plantio. A terceira coleta realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha” caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no verão e colhida no outono ou inverno. A quarta coleta realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo, com o uso de calcário e/ou gesso. Nesta área, localizada na região do Médio Curso da Bacia, as coletas foram feitas no período da manhã, em ambiente de represa (estações do ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), com temperatura ambiente que variou entre os 21°C (Inverno) e os 35°C (Outono), em condições de tempo boas (Figura 7).

Figura 7 – Fotografia mostrando o **Ponto de Coleta 1** - Fazenda Florida, Catalão (GO)



Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 2 – Represa em Vereda - Fazenda Santa Inês, Catalão (GO)

Localizado na área da Fazenda Santa Inês, propriedade rural no município de Catalão (GO), caracterizado por subsistema de Vereda com grande ocorrência de Buritis (*Mauritia vinifera*), com represamento para utilização de água em pivôs de irrigação utilizados para a agricultura. A primeira coleta realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2,4-D. A segunda coleta realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha” caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no verão e colhida no outono ou inverno. A quarta coleta realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de calcário e/ou gesso. Nesta área, localizada na região do Alto Curso da Bacia, as coletas foram feitas no período da manhã, em ambiente de represa (estações do ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), com temperatura ambiente que variou entre os 23°C (Inverno) e os 30°C (Primavera), em condições de tempo boas (Figura 8).

Figura 8 – Fotografia mostrando o **Ponto de Coleta 2** - Fazenda Santa Inês, Catalão (GO)



Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 3 – Poço Profundo - Fazenda Santa Rita, Catalão (GO)

Localizado na área da Fazenda Santa Rita, propriedade rural no município de Catalão (GO), caracterizado pela ausência de vegetação ciliar e processo de erosão no solo, foi verificada a ocorrência de monoculturas e plantação de Eucalipto (*Eucalyptus sp*) no entorno. A primeira coleta realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2,4-D. A segunda coleta realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha” caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno. A quarta coleta realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de calcário ou gesso. Nesta área, localizada na região do Alto Curso da bacia, as coletas foram feitas no início da manhã (estação: Primavera) e final da manhã (estações do ano: Verão, Outono e Inverno), em ambiente de poço profundo em ponto de torneira do poço, com temperatura ambiente que variou entre os 23°C (Inverno) e os 29°C (Outono), em condições de tempo boas (Figura 9).

Figura 9 – Fotografia dá área do **Ponto de Coleta 3** – Fazenda Santa Rita, Catalão (GO)



Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 4 – Fazenda Maringá, Catalão (GO)

Localizado na área da Fazenda Maringá, propriedade rural no município de Catalão (GO), foi verificada a ocorrência de solos orgânicos no Alto Curso da Bacia, em ambiente de Vereda, cujo cursos de água foram represados para uso em pivôs de irrigação. A primeira coleta realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2,4-D. A segunda coleta realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha” caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno. A quarta coleta realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de calcário e/ou gesso. Nesta área as coletas foram feitas no final da manhã, em ambiente de represa (estações do ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), com temperatura ambiente que variou entre os 24°C (Inverno) e os 30°C (Primavera), em condições de tempo boas (Figura 10).

Figura 10 – Fotografia da área do **Ponto de Coleta 4** – Fazenda Maringá, Catalão (GO)



Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 5 – Ponte São Bento Montante, Catalão (GO)

Localizado próximo a Ponte de transposição sobre o Rio São Bento – na GO 508, localizada no município de Catalão (GO), em área à montante do Rio São Bento, caracterizada pela presença parcial de Mata Ciliar, com solos em processo de erosão e extensas monoculturas de grãos no entorno, bem como áreas com silviculturas de pinus e/ou eucaliptos. A primeira coleta, realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2-4-D. A segunda coleta, realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta, realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha”, caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno. A quarta coleta, realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de Calcários ou Gesso. Nesta área, localizada na região do Alto Curso da Bacia, as coletas foram feitas no final da manhã, em ambiente de leito do curso d’água (Estações do Ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), com temperatura ambiente que variou entre os 27°C (Outono e Inverno) e os 31.9° C (Verão), em condições de tempo boas (Figura 11).

Figura 11 - Ponte sobre o Rio São Bento Montante – Ponto de Coleta 5, Catalão (GO)



Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 6 – Ponte Rio São Bento, Médio Curso, Catalão (GO)

Localizado próximo a Ponte de transposição sobre o Rio São Bento, na GO 506, em seu Médio Curso, localizada no município de Catalão (GO), em área de Médio Curso da Bacia, em uma paisagem composta por solos expostos e erodidos, árvores esparsas, com extensas monoculturas de grãos, e alguma pequenas áreas com plantações de Eucalipto (*Eucalyptus sp*), e atividades de pecuária bovina. A primeira coleta, realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2-4-D. A segunda coleta, realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta, realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha”, caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno. A quarta coleta, realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de Calcários ou Gesso. Nesta área, localizada na região do Médio Curso da Bacia, as coletas foram feitas na metade da manhã (Estações do Ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), em ambiente de curso de rio, com temperatura ambiente que variou entre os 20°C (Inverno) e os 35°C (Primavera), em condições de tempo boas (Figura 12).

Figura 12 - Ponte do Rio São Bento, Médio Curso – Ponto de Coleta 6, Catalão (GO)

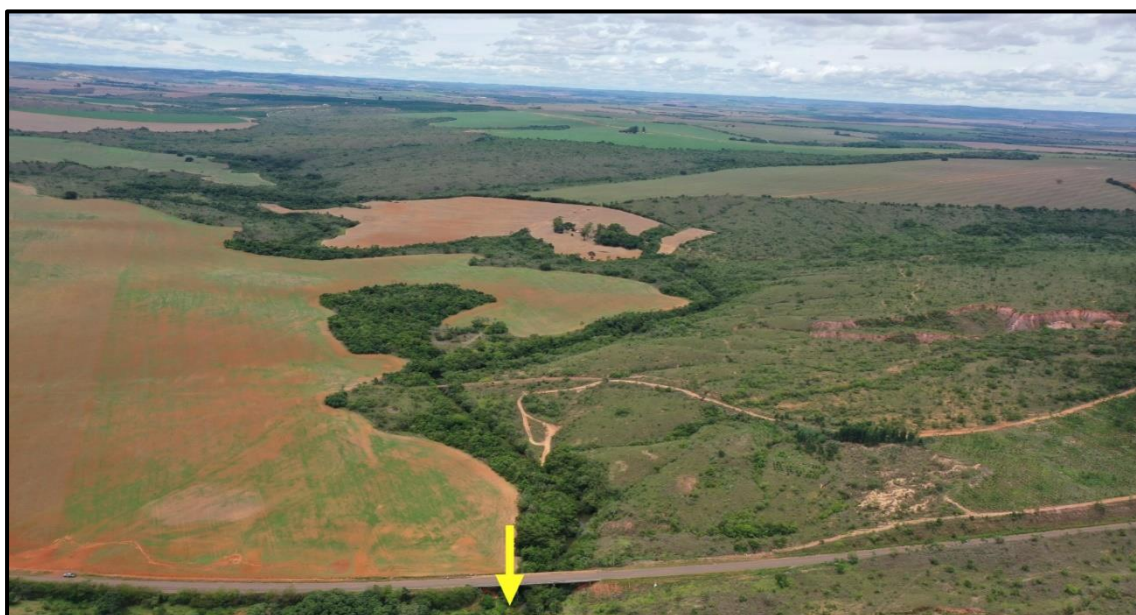


Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

PONTO DE COLETA 7 – Ponte São Bento Jusante, Catalão (GO)

Localizado na Ponte de transposição sobre o Rio São Bento, na BR 352, localizada no município de Davinópolis (GO), em área de coleta em trecho do Rio com Mata Ciliar, caracterizada pela presença de fragmentos de fitofisionomias de Cerrado nativas. A primeira coleta, realizada em 22/12/2022, pode ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2-4-D. A segunda coleta, realizada em 24/03/2023, pode ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio. A terceira coleta, realizada em 28/06/2023, pode ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha”, caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno. A quarta coleta, realizada em 28/09/2023, pode ter influência do período em que é feito o preparo do solo para a agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de Calcários ou Gesso. Considerando que o Ponto de Coleta está na porção do Baixo Curso da Bacia, cuja localização à jusante recebe influências das práticas antrópicas praticadas à montante, sendo nesta área do Ponto de Coleta 7 a ocorrência do predomínio de áreas de pastagens para práticas da pecuária bovina extensivas, cujas coletas foram feitas no início da manhã (Estações do Ano: Verão, Outono, Inverno e Primavera), em ambiente de rio, com temperatura ambiente que variou entre os 17°C (Inverno) e os 35°C (Verão), em condições de tempo boas (Figura 13).

Figura 13 – Ponte do Rio São Bento, Jusante - Ponto de Coleta 7, município de Davinópolis (GO)

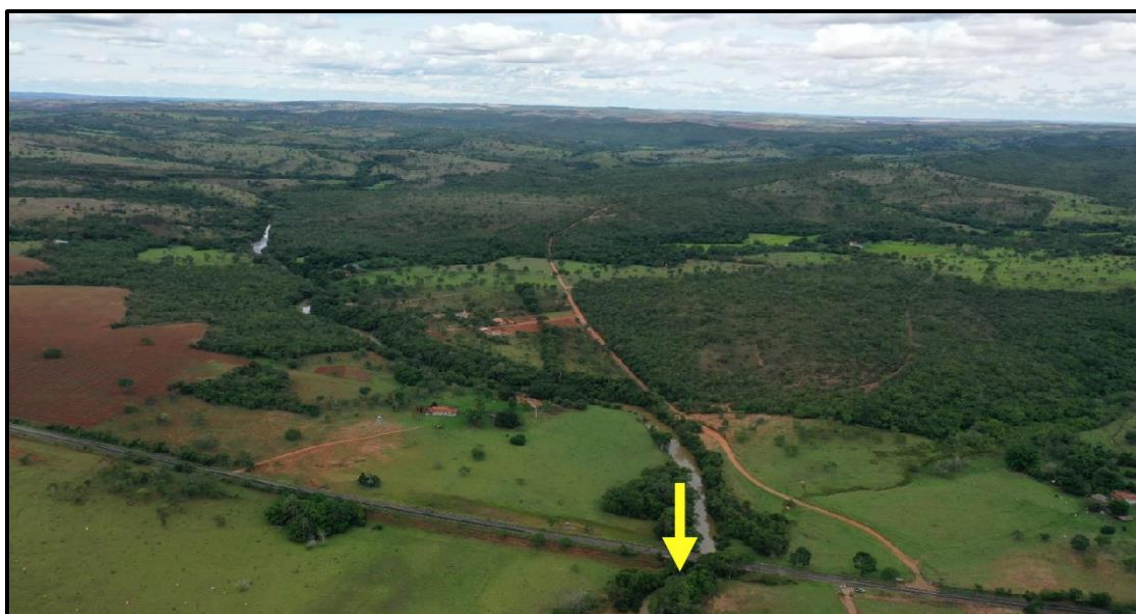


Foto: Giovani Correia Junior - Projeto Águas Futuras do Cerrado (2023).

2.4. Metodologias para Coleta e Análises das Amostras de Água *in natura*

Para avaliar a influência da sazonalidade climática sobre os parâmetros de qualidade de água na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, foram realizadas 4 (quatro) coletas em cada um dos 7 (sete) pontos estabelecidos, considerando as quatro Estações do Ano: Verão (22/12/2022), Outono (24/03/2023), Inverno (28/06/2023) e Primavera (28/09/2023).

O os dados do Quadro 1 mostram todas as variáveis e parâmetros da água que foram analisadas, bem como a Metodologia utilizada para a determinação de cada Parâmetro.

Quadro 1 - Parâmetros da água analisados e a metodologia empregada para cada análise

Parâmetros	Unidade de Medida	Metodologia (SMWW, 2017)
pH	-	POP UDI e ARX 016 - Rev.03
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	SMWW 9223 B
Coliformes totais	NMP/100mL	SMWW 9223 B
Coliformes termotolerantes	UFC/100 m	SMWW 9220 D
Cloro Residual Livre (<i>in situ</i>)	mg/L	SMWW 4500 CI G
Alumínio Dissolvido	mg/L	SMWW 3120 B
Ferro dissolvido	mg/L	SMWW 3120 B
2,4-D	µg/L	EPA 8270D:2014 Rev05
Glifosato + AMPA	µg/L	EPA 547
Malation	µg/L	EPA 8270D:2007
Organofosforados	µg/L	EPA 8270D:2007
Organoclorados	µg/L	EPA 8270D:2007
Carborfurano	µg/L	EPA 8321B Rev2:2007
Legendas		
NPM - Número mais provável		
UFC - Unidade formadora de colônia		
POP - Procedimento Operacional Padrão		
SMWW - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater - 23ª Edition (2017).		
EPA - Environmental Protection Agency		

Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2022-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

As amostras de água foram coletadas em Garrafas de vidro âmbar devidamente higienizadas, com capacidade para 1 (um) litro cada, e em recipientes específicos para análises bacteriológicas devidamente preparados, nas subsuperfícies dos Pontos de Coleta. Após, as amostras foram acomodadas em Caixas Térmicas de Coleta contendo gelo para preservação, e

levadas ao Laboratório para as análises posteriores, cujos resultados foram armazenados em Banco de Dados do Projeto Águas Futuras do Cerrado, do Instituto de Geografia/PPGEO/UFCAT – NEPSA-CNPq/SEMMAC.

As Figuras 14 a 24 foram obtidas durante as coletas das amostras nos pontos selecionados da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, realizadas conforme as datas estabelecidas, considerando as quatro estações do ano:

Figura 14 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 5, realizada no Verão



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (22/12/2023).

Figura 15 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 6, realizada no Verão



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (22/12/2023).

Figura 16 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 7, realizada no Verão



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (22/12/2023).

Figura 17 – Acondicionamento das Amostras de Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Verão



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (22/12/2023).

Figura 18 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 1, realizada no Outono



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (24/03/2023).

Figura 19 – Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 6, realizada no Outono



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (24/03/2023).

Figura 20 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 7, realizada no Outono



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (24/03/2023).

Figura 21 – Equipe realizando Coleta de Água em torneira de Poço Profundo no Ponto de Coleta 3



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (24/03/2023).

Figura 22 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Inverno



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (28/06/2023).

Figura 23 – Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 2, realizada no Inverno



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (28/06/2023).

Figura 24 - Equipe de Coleta de Amostras da Água – Ponto de Coleta 4, realizada no Inverno



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (28/06/2023).

Figura 25 – Equipe de Coleta das Amostras da Água – Ponto de Coleta 5, realizada no Inverno



Foto: Omar Cardoso Rosa Filho (28/06/2023).

2.5. Tratamento dos Dados e Resultados Coletados

Os efeitos da sazonalidade climática sobre as variáveis abióticas e bióticas da água foram verificados por meio de análise descritiva univariada e representação gráfica dos dados. Utilizou-se medidas de tendência central (média aritmética) e de dispersão (desvio padrão).

As amostras foram coletadas pelo Laboratório Bioética Ambiental, localizado na cidade de Araxá (MG), sob contrato firmado com o Projeto Aguas Futuras do Cerrado, em desenvolvimento pela parceria PPGeo-NEPSA/UFCAC-SEMMAC, e os dados resultantes das análises foram obtidos de acordo com a norma *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2017), utilizando os seguintes métodos: *Methods* 1060, EPA 8270D:2007, SMWW 4500 Cl G, SMWW 3120 B, SMWW 9223 B, SMWW 9220 D, EPA 8270D:2014 Rev05 e SMWW 4500 H+ B, subsidiados por referencial técnico-científico.

Os dados das variáveis físico-químicas e biológicas da água foram plotados em Tabelas e Gráficos para a melhor visualização e apresentação dos resultados. Tais dados foram descritos ao longo do trabalho, discutidos e comparados entre si e com a literatura disponível referente a outros estudos realizados na mesma Bacia Hidrográfica, como a pesquisa de Ferreira (2003).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS

Após coletas realizadas e devidamente analisadas pelo Laboratório de Análises contratado pelo Projeto Águas Futuras do Cerrado (UFCAT), diversos componentes físico-químicos e biológicos foram identificados nas amostras de águas nos sete pontos de coleta, e são demonstrados ao longo do texto.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM) o fenômeno climático “*El Niño*”, ocorrido no período de 2023-2024, foi classificado como um dos cinco eventos climáticos mais intensos já registrados desde o início dos registros modernos, o fenômeno climático ocorre devido ao aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial, que começou a se formar em meados de 2023 e atingiu o seu máximo no início de 2024, causando alteração nas temperaturas superficiais do mar, que ficaram significativamente mais altas do que a média, com padrões de precipitação alterados, secas intensificadas e ondas de calor mais frequentes e severas em toda a dinâmica climática global, e em especial na América do Sul e consequentemente no Brasil. Portanto, as coletas que foram realizadas nesse período poderão ter influência do fenômeno climático “*El Niño*”, devido ao impacto significativo no clima global e nos padrões meteorológicos, considerando as interações entre os oceanos e a atmosfera, contudo cremos que não influenciou nos parâmetros físico-químicos detectados na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, no Sudeste Goiano.

Considerando que a primeira coleta foi realizada em 22/12/2022, período mais quente e úmido na região Centro-Oeste do Brasil, os resultados encontrados podem ter influência do período em que é feita a dessecação para colheita da cultura de soja com possível uso de herbicida 2-4-D; a segunda coleta foi realizada em 24/03/2023, também período quente e úmido, cujos resultados obtidos podem ter influência do período em que é feita a adubação do solo para o plantio; a terceira coleta foi realizada em 28/06/2023, período seco e mais ameno quanto a temperatura, cujos resultados obtidos podem ter influência do período em que é feita a colheita da cultura chamada de “safrinha”, caso a propriedade opte por essa segunda cultura plantada no Verão e colhida no Outono ou Inverno; a quarta coleta foi realizada em 28/09/2023, período seco, mas já mais quente quanto à temperatura, cujos resultados obtidos podem ter influência do período em que é feito o preparo do solo para as atividades da agricultura, podendo ser necessária a correção de acidez do solo com o uso de calcário e/ou gesso, levando a alteração do pH das águas superficiais, que estão mais alcalinas e eutrofizadas.

3.1 Parâmetros da Água na Estação Climática Verão

Considerando os resultados laboratoriais obtidos, as seguintes variáveis da água ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado em todos os sete Pontos de Coleta no Verão: Malation (< 0,01000), Compostos Organoclorados (< 0,500), Compostos Organofosforados (< 0,50000), Cloro residual livre (< 0,100), 2-4-D (< 0,5000), Glifosato + AMPA (< 0,10) e Carborfurano (< 0,05), conforme os dados dispostos no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Verão

VERÃO – COLETA DE ÁGUA <i>IN NATURA</i> REALIZADA EM 22/12/2022							
Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Malation - µg/L	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000
Compostos Organoclorados - µg/L	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500
Compostos Organofosforados - µg/L	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000
Cloro Residual Livre - mg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Ferro dissolvido - mg/L	< 0,1000	0,1257	< 0,1000	< 0,1000	0,1037	< 0,1000	0,1423
Alumínio Dissolvido - mg/L	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	0,0607	< 0,0500	0,0599
<i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL	1	2	7	1	1340	100	400
Coliformes Termotolerantes - UFC/100mL	4	35	10	4	5400	350	860
Coliformes Totais - NMP/100mL	1450	10500	20,4	1550	17200	6200	5630
2-4-D - µg/L	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000
pH	5,75	6,44	4,57	6,21	5,37	4,63	5,53
Glifosato + AMPA - µg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Carborfurano - µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.2. Parâmetros da Água na Estação Climática Outono

Considerando os resultados laboratoriais obtidos, as seguintes variáveis da água ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado em todos os sete Pontos de Coleta no Outono: Malation (< 0,01000), Compostos Organoclorados (< 0,500), Compostos Organofosforados (< 0,50000), Cloro residual livre (< 0,100), Alumínio dissolvido (< 0,0500), 2-4-D (< 0,5000), Glifosato + AMPA (< 0,10) e Carborfurano (< 0,05), conforme os dados dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Outono

OUTONO – COLETA DE ÁGUA IN NATURA REALIZADA EM 24/03/2023							
Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Malation - µg/L	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000
Compostos Organoclorados - µg/L	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500
Compostos Organofosforados - µg/L	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000
Cloro Residual Livre - mg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Ferro dissolvido - mg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	0,1037	0,117	0,1548
Alumínio Dissolvido - mg/L	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500
<i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL	1730	1980	33,2	1730	261,3	4350	5470
Coliformes Termotolerantes - UFC/100mL	1	23	< 1	5	64	73	520
Coliformes Totais - NMP/100mL	26,9	22,8	< 1	9,7	29,2	183	703
2-4-D - µg/L	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000
pH	6,9	7,2	5,88	6,04	6,35	6,28	7,02
Glifosato + AMPA - µg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Carborfurano - µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.3. Parâmetros da Água na Estação Climática Primavera

Considerando os resultados laboratoriais obtidos, as seguintes variáveis da água ficaram abaixo do limite de detecção do método utilizado em todos os sete Pontos de Coleta na Primavera: Malation (< 0,01000), Compostos Organoclorados (< 0,500), Compostos Organofosforados (< 0,50000), 2-4-D (< 0,5000), Glifosato + AMPA (< 0,10) e Carborfurano (< 0,05), conforme os dados dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 - Parâmetros da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Primavera

PRIMAVERA – COLETA DE ÁGUA IN NATURA REALIZADA EM 28/09/2023							
Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Malation - µg/L	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000
Compostos Organoclorados - µg/L	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500
Compostos Organofosforados - µg/L	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000
Cloro Residual Livre - mg/L	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Ferro dissolvido - mg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	0,3026	0,2718	0,2831
Alumínio Dissolvido - mg/L	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	0,56	0,526	< 0,0500
<i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL	233,3	4,1	< 1	1	14,4	52	19,7
Coliformes Termotolerantes - UFC/100mL	460	17	1	8	43	100	60
Coliformes Totais - NMP/100mL	4100	1560	300	3500	2410	2380	1810
2-4-D - µg/L	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000
pH	6,8	6,96	6	8,12	7,12	7,09	7,08
Glifosato + AMPA - µg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Carborfurano - µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.4. Parâmetros da Água na Estação Climática Inverno

Considerando os resultados laboratoriais obtidos à partida das amostras de água *in natura* coletadas, as seguintes variáveis da água ficaram abaixo dos limites de detecção do Método adotado em todos os pontos de coleta no Inverno: Malation (< 0,01000), Compostos Organoclorados (< 0,500), Compostos Organofosforados (< 0,50000), Cloro residual livre (< 0,100), Alumínio dissolvido (< 0,0500), 2-4-D (< 0,5000), Glifosato + AMPA (< 0,10) e Carborfurano (< 0,05), conforme os dados dispostos no Quadro 5.

Quadro 5 - Parâmetros da água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento - Estação Climática Inverno

INVERNO – COLETA DE ÁGUA <i>IN NATURA</i> REALIZADA EM 28/06/2023							
Parâmetro	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Malation - µg/L	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000	< 0,01000
Compostos Organoclorados - µg/L	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500
Compostos Organofosforados - µg/L	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000	< 0,50000
Cloro Residual Livre - mg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Ferro dissolvido - mg/L	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	< 0,1000	0,114	0,1123
Alumínio Dissolvido - mg/L	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500
<i>Escherichia coli</i> - NMP/100mL	< 1	< 1	< 1	< 1	31,2	13,2	5
Coliformes Termotolerantes - UFC/100mL	6	7	< 1	< 1	110	100	50
Coliformes Totais - NMP/100mL	1270	200	< 1	300	860	10000	630
2-4-D - µg/L	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000	< 0,5000
pH	5,95	6,85	6,11	7,1	7,03	6,42	6,68
Glifosato + AMPA - µg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Carborfurano - µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). Org.: ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5. Comparativo dos Parâmetros de Análises nas Quatro Estações Climáticas do Ano

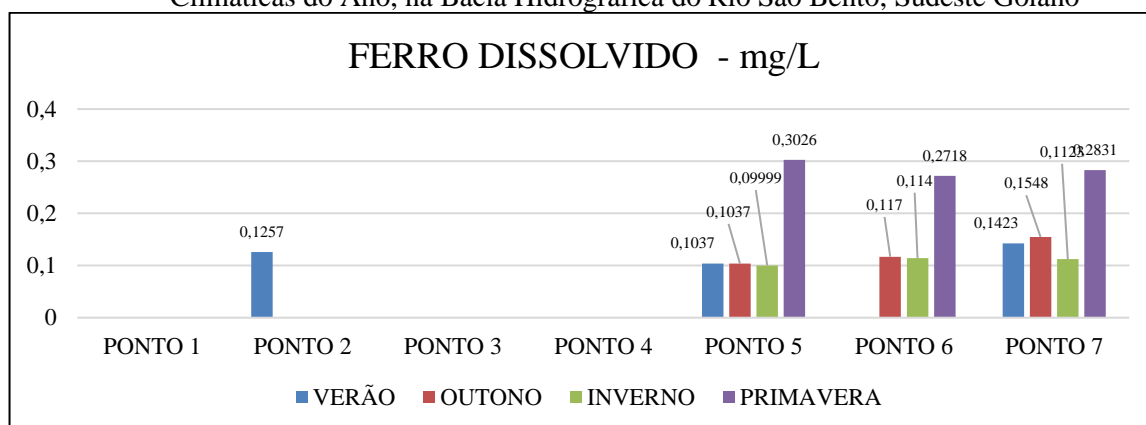
Segundo os dados obtidos por meio dos resultados das análises físico-químicas e biológicas realizadas, pôde-se apresentar as seguintes análises, segundo os elementos e/ou organismos detectados:

3.5.1. Ferro Dissolvido

Embora a maioria dos valores tenha ficado abaixo do limite de detecção pelo Método Técnico utilizado, observou-se que a concentração de Ferro dissolvido foi maior no Verão no Ponto de Coleta 2 e na Primavera nos Pontos de Coleta 5, 6 e 7 (Gráfico 1), devendo-se destacar as características geoambientais de cada Ponto de Coleta.

Em termos de escala, vale ressaltar que a representação gráfica dos valores apurados fica prejudicada, considerando as diferenças significativas entre os resultados obtidos, especialmente na comparação entre os Pontos 2, no Verão e, 5, 6 e 7, na Primavera.

Gráfico 1 - Concentração de Ferro Dissolvido nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano



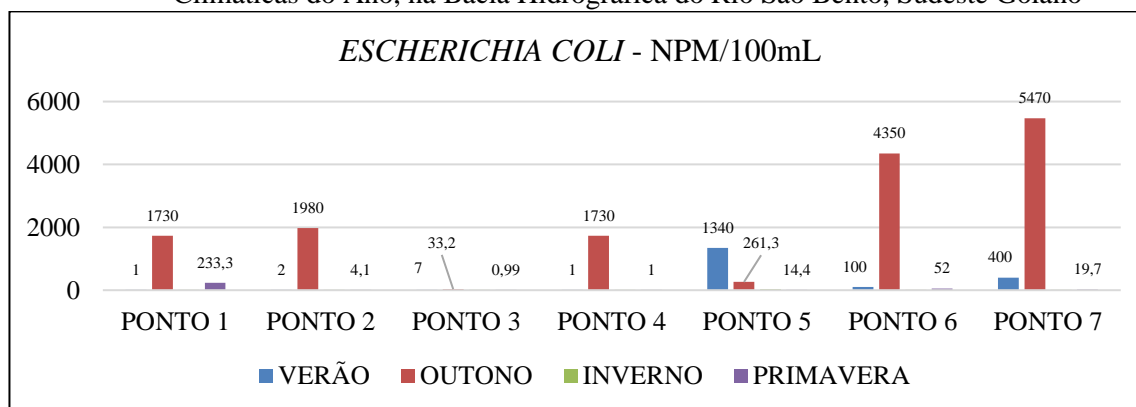
Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5.2. *Escherichia Coli*

Em relação à presença da bactéria *Escherichia coli* nos Pontos de Coleta estudados, é importante ressaltar que, com exceção do Ponto de Coleta 6, os valores foram muito maiores no Outono, quando comparados ao Verão. Ainda, cabe ressaltar que no Ponto de Coleta 3, por ser um poço profundo, a detecção foi baixa em todas as Estações do Ano, sendo possível afirmar que ainda não há contaminações por essa bactéria nas águas subsuperficiais (Gráfico 2).

Em termos de escala, vale ressaltar que a representação gráfica dos valores apurados fica prejudicada considerando as diferenças geoambientais significativas dos Pontos de Coleta entre os resultados obtidos, especialmente na comparação entre os Pontos de Coleta 1, 2, 4, 6 e 7, no Outono e, Ponto 5 no Verão, devendo-se observar as particularidades de cada área onde foram coletadas as amostras de água.

Gráfico 2 - Concentração de *Escherichia coli* nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano

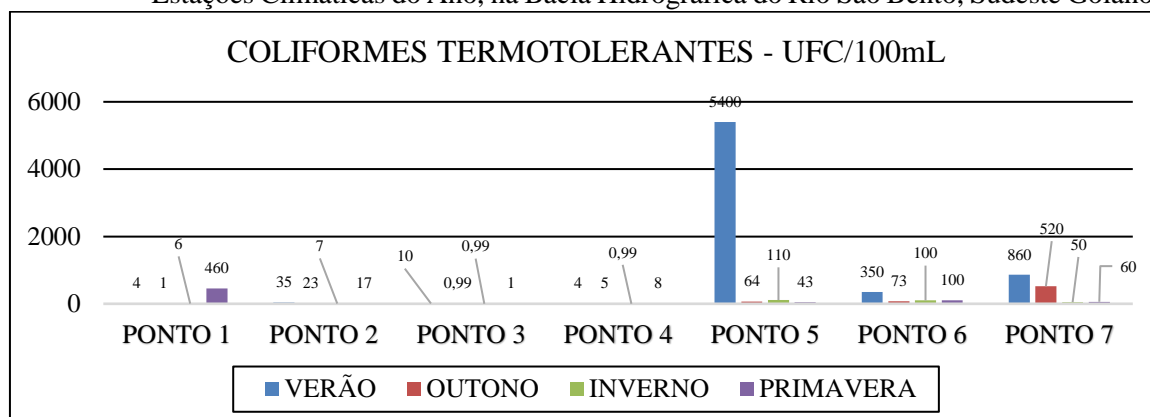


Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5.3. Coliformes Termotolerantes

De maneira geral, os maiores valores de Coliformes Termotolerantes foram identificados no Verão, principalmente no Ponto 5, provavelmente em decorrência do maior carreamento de sedimentos orgânicos pelas águas pluviais, contabilizando 5400 UFC (Unidades Formadoras de Colônias) (Gráfico 3), o que prejudicou a representação gráfica dada a grande diferença de resultados. Na Primavera, apenas o Ponto 1 (460 UFC) apresentou resultado relevante, conquanto que no Outono, o Ponto 7 aponta um índice elevado (520 UFC).

Gráfico 3 - Concentração de Coliformes Termotolerantes nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano

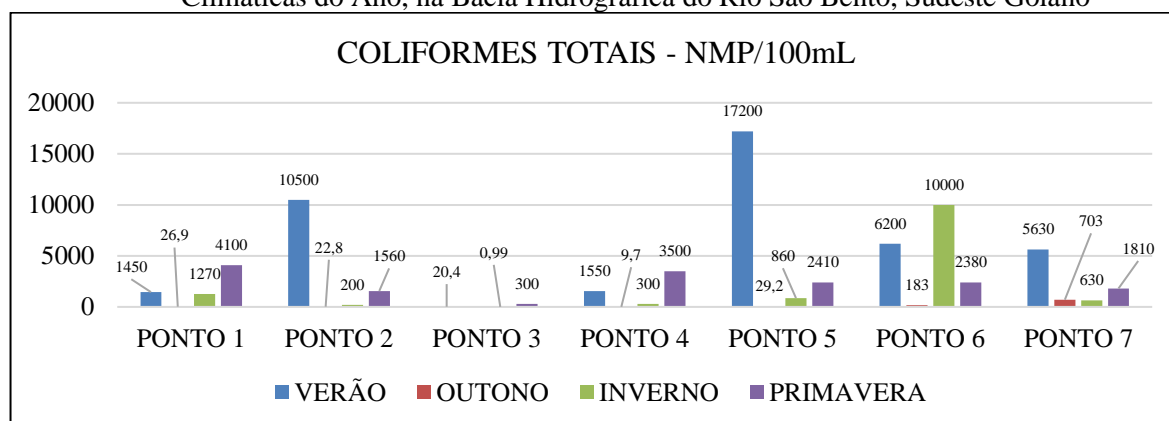


Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5.4. Coliformes Totais

No que se refere aos Coliformes Totais, com exceção do Ponto de Coleta 3, em que a concentração ficou baixa, considerando que é um Poço Profundo que capta a água subsuperficial, os maiores valores foram detectados no Verão e no Inverno, sobretudo nos Ponto 2 (10.500), Ponto 5 (17.200) e Ponto 6 (6.200). Vale ressaltar que no Ponto 6, foram identificados 10.000 NPM/100mL de Coliformes Totais na estação Inverno (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Concentração de Coliformes Totais nos 7 Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano

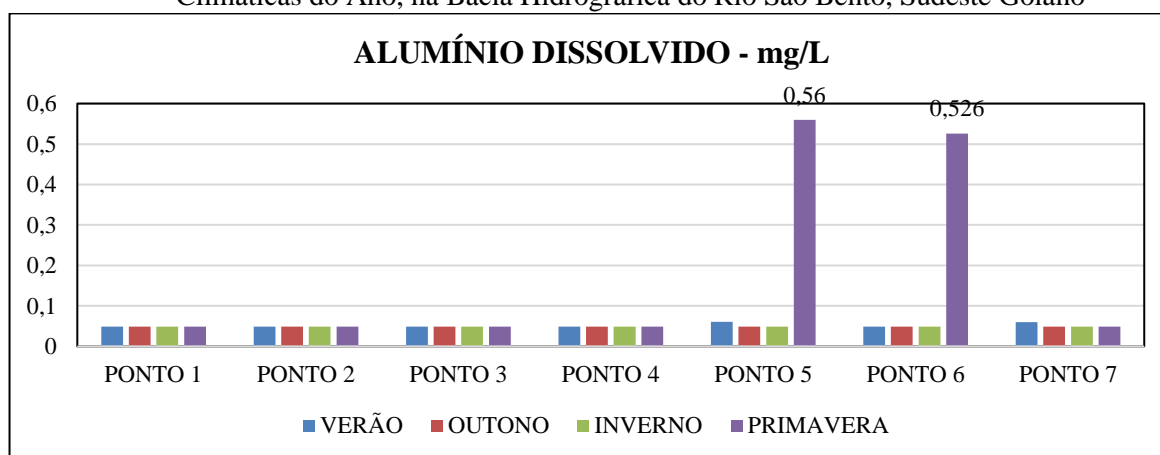


Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5.5. Alumínio dissolvido

Apesar dos resultados sobre a presença de Alumínio dissolvido estarem abaixo do limite de detecção nas Estações Climática Outono e Inverno, período geralmente de menor solubilidade, houve resultados encontrados nas Estações Primavera e Verão, período de maior solubilidade, sobretudo nos Pontos de Coleta 5 e 6 (Primavera), conforme demonstra o Gráfico 5.

Gráfico 5 - Concentração de Alumínio dissolvido nos sete Pontos de Coleta, nas quatro Estações Climáticas do Ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano

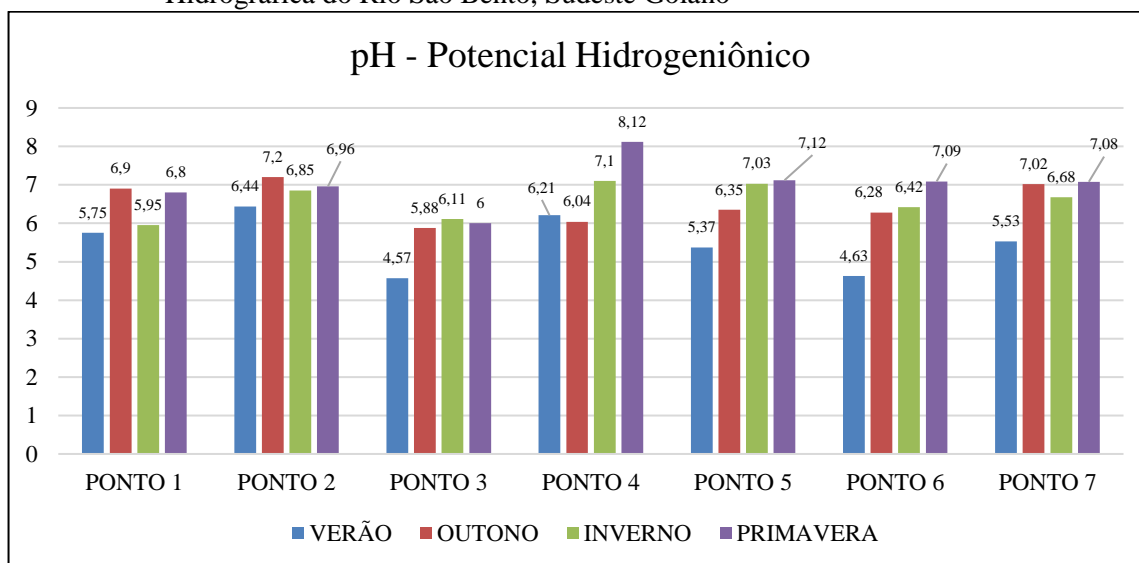


Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

3.5.6. pH - Potencial Hidrogeniônico

Por fim, as maiores variações do potencial Hidrogeniônico – pH, observadas entre as quatro Estações Climáticas do Ano ocorreram nos Pontos de Coleta 5 e 6, apresentando 32,59% no Ponto 5, e 53,13% no Ponto 6. Os valores mais altos de pH (alcalino) foram observados na Primavera na maioria dos Pontos de Coleta, apenas destacando os Pontos 1, 2 e 7 com os maiores valores obtidos no Outono. Enquanto isso, os menores valores de pH (ácido) foram encontrados no Verão, sobretudo nos Pontos 3 e 6 (Gráfico 6), podendo ser decorrente da maior solubilidade/volume da água no período úmido.

Gráfico 6 - Valores de pH nos sete pontos de coleta, nas quatro estações do ano, na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano



Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. Laboratório Bioética Ambiental (2023). **Org.:** ROSA FILHO, O. C. (2023).

A demonstração dos resultados, vistos em efeito de comparação entre as Estações Climáticas do Ano, possibilita uma visão conjunta das variações dos dados obtidos a partir das análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras de água coletadas nos sete Pontos de Coleta, e que serão discutidas ao longo da discussão.

3.6. Cartograma de Uso do Solo na Área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento

A confecção de um Cartograma de uso e ocupação do solo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, foi desenvolvida utilizando as informações por meio do *Software QGIS*, demonstrando que as atividades decorrentes da Agricultura e da Pecuária ocupam grande parte da área da Bacia, destacando a agricultura irrigada por meio de pivôs, principalmente nas proximidades dos Pontos de Coleta 2, 4, 5 e 6, nas porções do Alto e Médio Cursos do Rio São Bento, enquanto as atividades de pecuária bovina se destacam na porção do Baixo Curso da Bacia, na área do Ponto 7.

A Silvicultura está restrita a uma área pequena no noroeste da Bacia, basicamente com plantações de pinus e eucaliptos, enquanto o espaço urbano é bastante pequeno, e está próximo ao Ponto de Coleta 6, na área urbanizada do Distrito de Santo Antônio do Rio Verde. Enquanto

isso, as áreas remanescentes típicas de Cerrado foram bastante reduzidas, dando lugar especialmente à Agropecuária, como demonstrado ao longo de toda a área (Figura 26).

Importante mencionar que os resquícios de fitofisionomias de Cerrado estão entremeados às atividades antrópicas e podem vir a sofrer influências nocivas devido ao depósito de materiais utilizados em tais atividades, uma vez que podem ser fatores de contaminação tanto do solo quanto da água, como vem sofrendo os “efeitos de borda”⁴.

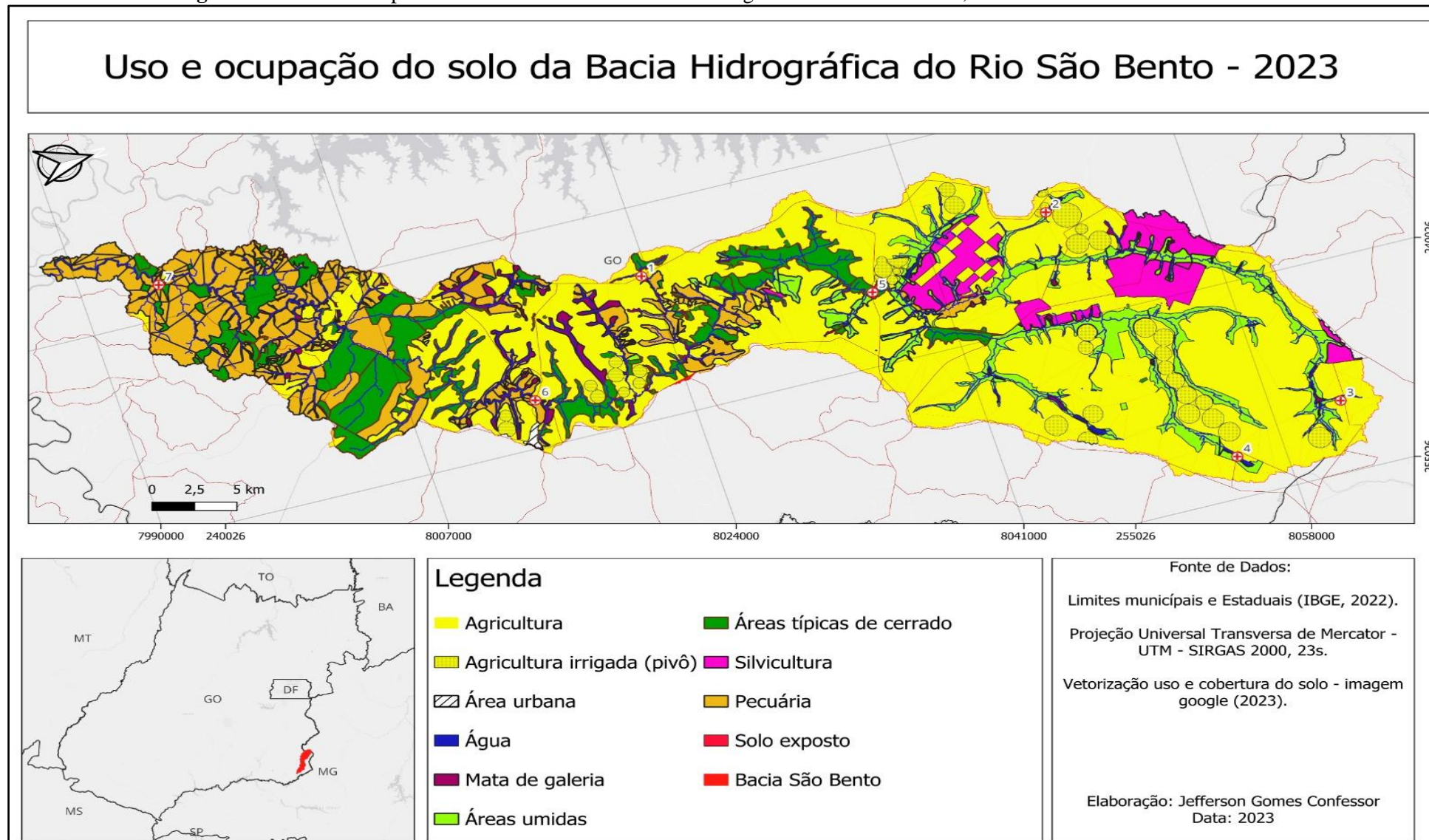
O Ponto de Coleta 7, especificamente, está localizado em meio às áreas ocupadas pela Pecuária, a Sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, aparecendo atividades semelhantes próximas aos Pontos de Coleta 1 e 6, mas restritas a pequenas áreas.

O uso e a ocupação do solo nesta área são concentrados em duas atividades específicas, Agricultura e Pecuária bovina, e ambas apresentam necessidade de aproveitar a sazonalidade climática, adequando suas práticas à ocorrência de maior ou menor volume de chuvas.

A presente pesquisa procura demonstrar o quanto a diversificação das atividades antrópicas e tecnificadas e o monitoramento de suas consequências na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento são importantes para a manutenção do Sistema Biogeográfico do Cerrado na região, e para a preservação das comunidades humanas, levando ainda em consideração a sustentabilidade da vida aquática e dos demais seres vivos que dependem de um ambiente equilibrado.

⁴ No campo da Ecologia de Paisagens, o **efeito de borda** é uma alteração na estrutura, na composição e/ou na abundância relativa de espécies na área marginal de um habitat, frequentemente associado a ecossistemas terrestres. Esta alteração da estrutura é inicialmente provocada por mudanças microclimáticas que alteram fatores como a luminosidade, a umidade e a temperatura média desses locais, fazendo assim com que plantas que não estejam preparadas para uma condição de maior estresse, característico das regiões de borda, acabem enfraquecendo, provocando mudanças na base das cadeias alimentares, prejudicando as relações ecossistêmicas já estabelecidas, e em casos mais graves, levando à extinção da flora e fauna existentes em uma região. (Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_de_borda Acesso em: abr.2024).

Figura 26 – Carta de Capacidade de Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano – Ano 2023



Fonte: Projeto Águas Futuras do Cerrado – NEPSA-UFCAT/CNPq - IGEO/SEMMAC 2021-2025. **Org.:** ROSA FILHO, Omar Cardoso (2023). **Fonte/Cartografia:** CONFESSOR, J. G. - Projeto PNPd/CAPES-PPGEO/UFCAT (2023).

3.7. Discussão dos Resultados

A apuração dos resultados decorrentes das análises efetuadas nas amostras de águas coletadas nos sete Pontos de Coletas definidos ao longo das quatro Estações Climáticas do Ano, permite que seja feita uma discussão acerca do que outras literaturas técnico-científicas já discorreram sobre o assunto, identificando alterações significativas e possibilitando aventar ações que visam mitigar possíveis prejuízos ao ambiente estudado.

3.7.1. Parâmetros físico-químicos da água na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento

Considerando a importância das bacias hidrográficas, bem como as diversas atividades que são realizadas em suas áreas e no entorno, e que dependem da qualidade do ambiente para serem efetivadas, a fim de atingir o objetivo do presente trabalho foram realizadas coletas de água considerando as quatro Estações do Ano, com foco em sete Pontos de Coleta distintos.

Na presente discussão serão comparados os dados obtidos entre os Pontos de Coleta e entre as datas de coleta, cruzando dados históricos para monitorar o ambiente em questão.

Vale pontuar que outros autores desenvolvem pesquisas na área, entendendo a importância de um monitoramento constante, como por exemplo a Tese de Doutorado de Ferreira (2003), intitulada "O Afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO)". Esse estudo teve como objetivo principal analisar a situação dos subsistemas de Veredas do Chapadão de Catalão, localizado no Estado de Goiás, Brasil, por meio de uma abordagem espacial e temporal. O autor buscou, por meio de diversas análises, incluindo metodologias para determinação dos parâmetros da água, compreender como os ambientes das Veredas foram afetadas ao longo do tempo e como as atividades antrópicas influenciaram na degradação dessas áreas úmidas. O estudo destaca a importância das Veredas para o sistema biogeográfico local e propõe estratégias de conservação e recuperação desses ambientes sensíveis, cujos dados já informaram a presença de organofosforados na água, em cinco pontos de monitoramento. Ainda, Lima (2024) apresentou um estudo quando ao Uso do Solo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, demonstrando preocupações quanto as transformações antrópicas e os consequentes impactos nas paisagens da área.

Discorrendo sobre a literatura e os dados obtidos no presente estudo, é significativo ressaltar que, apesar da presença de monoculturas e plantações de árvores como o Eucalipto (*Eucalyptus sp*) e pinus (*Pinus sp*) nos arredores dos Pontos de Coletas, principalmente na porção do Médio Curso, estudados na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, os níveis do pesticida Organofosforado e Carborfurano não foram detectados pelo Método analítico utilizado em sua pesquisa. Essas observações corroboram, em parte, os resultados obtidos por Ferreira (2003), que também não detectou concentrações maiores dessa substância na água no período úmido, mas encontrou níveis detectáveis no período seco, apesar de ser em concentrações abaixo do limite máximo permitido ($< 10 \mu\text{g/L}$), conforme a legislação à época.

Ainda segundo Ferreira (2003), as concentrações de Ferro dissolvido encontradas foram de 0,4 e 0,1 mg/L nos períodos seco e úmido, respectivamente. No presente estudo, os maiores valores de Ferro Dissolvido encontrados foram de 0,3026 mg/L (Ponto 5), 0,2831 mg/L (Ponto 7) e 0,2718 mg/L (Ponto 6), todos na Primavera. De forma geral, isso evidencia que houve uma grande redução na concentração de Ferro dissolvido no período seco na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento. Considerando as diversas consequências que o aumento na concentração de Ferro pode causar aos ecossistemas aquáticos, a redução dos níveis desse parâmetro é um sinal positivo que pode indicar melhorias na qualidade da água. Contudo, há que considerar que a litologia é rica em compostos de Ferro, visto que por toda a área da Bacia do Rio São Bento há afloramentos de concreções lateríticas muito ricas em Fe_2O_3 , o que reflete na formação dos solos da região, consequentemente na solubilidade desse metal na água. Ainda, há que ressaltar que nos períodos secos ocorre a diminuição natural da percolação da água, consequentemente ocorrerá uma menor dissolução de diferentes compostos químicos, como no caso do Ferro.

Quanto aos Compostos Organoclorados, apesar dos efeitos negativos que a presença dessa substância pode causar na qualidade da água, os níveis desses compostos ficaram abaixo do limite de detecção do método em todas as coletas realizadas nas quatro Estações Climáticas.

Seguindo pelos elementos encontrados, a concentração de Alumínio dissolvido foi baixa na maioria dos Pontos de Coleta durante a Primavera, apenas sendo detectáveis em concentrações mais altas nos Pontos 5 e 6. Já no Verão, somente nos Pontos 5 e 7 foram encontrados níveis de Alumínio dissolvido. Os valores dessa variável ficaram abaixo do limite de detecção do método no Inverno e no Outono

Em se tratando dos parâmetros biológicos, a maior concentração de *Escherichia Coli* na água ocorreu no período seco (Outono), no Ponto 7, onde esses valores atingiram uma concentração aproximada de 5470 ind/100 mL. Considerando o limite estabelecido pela

Portaria de Consolidação nº 5 (Brasil - Ministério da Saúde, 2017) mencionada anteriormente, níveis tão elevados dessa bactéria podem ser preocupantes e indicam uma deterioração da qualidade da água e uma provável contaminação por fezes. Levando em conta os baixos índices pluviométricos no período seco, comparado ao período úmido, é natural que os cursos d'água e reservatórios apresentem níveis mais baixos quanto ao volume de água, o que permite maior concentração de *E. coli* por mL. Sendo assim, é necessário que o monitoramento na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, bem como o manejo dos resíduos biológicos (fezes), geralmente carreados pelas águas superficiais no período úmido e, geralmente, pelo vento no período seco, seja mais intensificado durante o período seco, uma vez que as chuvas não são tão frequentes nesse período do ano, havendo uma grande concentração de solutos na água.

Ainda tratando dos parâmetros biológicos, dados os limites estabelecidos pela Portaria Consolidada nº 5, de 28 de setembro de 2017 (Brasil - Ministério da Saúde, 2017), que regulamenta os limites de tolerância, a maioria dos valores de Coliformes Termotolerantes detectados nos Pontos de Coleta estiveram abaixo do limite permitido. No entanto, no Ponto 5, no período do Verão, a concentração detectada desses Coliformes foi de 5400 UFC/100mL, muito acima do limite permitido.

Por fim, no presente estudo, as concentrações de Coliformes Totais apresentaram um padrão parecido em relação aos Coliformes Tolerantes, sendo que os maiores valores foram encontrados no Ponto de Coleta 5, no período do Verão (17200 NMP/100mL).

Traçando um paralelo entre os achados de Ferreira (2003), que encontrou valores de 2.100 e 9.300 NMP/100mL para o mesmo Ponto de Coleta (Ponto 5) no período seco e úmido, respectivamente, houve uma redução de Coliformes Totais no período seco (29,2 NMP/100mL) e um aumento significativo na concentração dessas bactérias no período úmido (Ponto 5 - 17200 NPM/mL). Uma possível explicação para isso é o aumento do desmatamento que ocorreu na região, reduzindo a vegetação ciliar nas bordas e/ou entorno dos cursos d'água presentes na área da Bacia Hidrográfica. É importante ressaltar que a vegetação ciliar tem uma grande importância na filtração do solo, pois atua como um filtro natural, retendo e filtrando as substâncias químicas e físicas antes que elas atinjam os corpos d'água. Além disso, a vegetação ciliar também ajuda a reter sedimentos e nutrientes, evitando a erosão do solo e a consequente poluição das águas (Beltrão *et al.*, 2009).

Dessa forma, a redução da Mata Ciliar e de áreas de Veredas, como resultado do aumento do desmatamento na região, vem causando a erosão e compactação do solo, tornando-o impermeável e impedindo que certas substâncias sejam filtradas antes de chegarem à rede hidrográfica da bacia hidrográfica.

Em se tratando de aditivos agrícolas, o 2-4-D, o Glifosato + AMPA e o Carborfurano, o presente estudo apontou que seus níveis estavam abaixo do nível de detecção no método técnico utilizado, não sendo possível analisar seus efeitos e entendendo que ainda não se pode afirmar, com convicção que não há prejuízos relevantes à qualidade da água na Bacia. Contudo, a detecção de suas presenças já é um indicativo de preocupações, conhecendo-se os prováveis impactos ambientais negativos decorrentes de seus usos nas práticas agrícolas.

Quanto ao pH, os maiores valores foram encontrados no período seco. O aumento do pH (acima de 5) em um rio ou qualquer outro ambiente aquático no período seco em relação ao período úmido indica um aumento na alcalinidade da água, geralmente isso ocorre devido à redução do volume de água e ao aumento da concentração de sais dissolvidos. A redução das chuvas pode causar um acúmulo de sais na água, como bicarbonatos e carbonatos, que podem aumentar a alcalinidade e, portanto, o pH. É importante ressaltar que o aumento do pH pode ser prejudicial para a vida aquática, pois muitas espécies têm faixas de tolerância às alterações de pH para sobreviverem.

Considerando os estudos de Ferreira (2003), em que foi possível perceber um pH de aproximadamente 4,5 na área estudada, sendo cinco Pontos de Coleta coincidentes com os Pontos de Coleta do “Projeto Águas Futuras do Cerrado” em desenvolvimento, se mostra nítida a diferença em relação aos dados apurados na presente pesquisa. No Ponto 5, por exemplo, houve uma alteração significativa, apresentando uma variação de cerca de 77% (de pH 4,5 para pH 8,0), passando de um ambiente ácido para um ambiente bastante alcalino, afetando as populações aquáticas, a ictiofauna, e conseqüentemente todo o Sistema Biogeográfico do Bioma. Esse cenário indica uma possível eutrofização da água em que há um acúmulo de insumos no solo.

3.7.2. Uso e ocupação do solo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento

No que se refere ao uso e ocupação do solo, quando comparados com o estudo de Silva e Freitas (2020), que avaliou a viabilidade de restauração das fitofisionomias em paisagens fragmentadas na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, os dados atuais não evidenciam diferenças significativas em relação ao uso das terras que compõem a Bacia em questão.

No entanto, dois dados podem ser interessantes e contribuem com a discussão do presente estudo. Primeiramente, houve um aumento nas áreas de Pastagem e Agricultura, nas mais diversas modalidades presentes no território da Bacia Hidrográfica. Além disso, houve

uma pequena redução nas Formações Savânicas na região, também conhecidas como “Formações Típicas de Cerrado” (Ferreira, 2003, 2021).

O desmatamento no Cerrado é uma preocupação crescente devido à perda acelerada de seu ecossistema único e da biodiversidade. De acordo com Silva e Freitas (2020) o desmatamento tem sido uma ameaça significativa ao Cerrado nas últimas décadas. O estudo destaca que fatores como a expansão da agricultura e a conversão de áreas de Cerrado em áreas cultivadas, pastagens e assentamentos humanos, resultando na perda de *habitats* naturais, fragmentação do ecossistema e redução da biodiversidade.

Outra atividade que avançou um pouco nos últimos anos, e que certamente contribuiu para o aumento do desmatamento, são as terras utilizadas para a pecuária bovina. É importante ressaltar que, apesar de mudanças pequenas quanto ao uso e na ocupação do solo, a pecuária ainda é, no geral, realizada de forma extensiva no Brasil, na qual são utilizadas grandes áreas de terras para a criação de gado. Esse modo de pecuária que é praticada no Brasil certamente têm o potencial de aumentar o desmatamento no futuro, reduzindo a cobertura florestal primárias da área de estudo.

Considerando que o gado bovino é uma espécie ruminante que se alimenta preferencialmente de capim, ou em alguns casos, de ração, as quais são ricas em Fósforo e Nitrogênio, é frequente encontrar esses nutrientes nas fezes desses animais, motivo pelo qual são usualmente recolhidas e comercializadas como adubo orgânico para plantas. Fósforo e Nitrogênio são nutrientes estimulantes primários do desenvolvimento da biomassa de algas, ou seja, sempre que há um aumento na disponibilidade desses elementos no ambiente aquático, as algas e cianobactérias do fitoplâncton assimilam tais nutrientes e se reproduzem, aumentando vertiginosamente a biomassa de algas, causando a eutrofização e uma série de outras consequências negativas ao ambiente, como a depleção de Oxigênio, mortandade de peixes e deterioração da qualidade da água nos ecossistemas aquáticos adjacentes (Oliveira, 2014). O aumento dessa atividade pode justificar o aumento dos Coliformes na água, considerando um maior carreamento das fezes desses animais para os cursos de água, seria uma justificativa para os resultados encontrados nas análises de água realizadas na pesquisa.

Os fertilizantes químicos utilizados na agricultura, por sua vez, também são ricos nessas substâncias, como nos compostos mais simples de NPK (Nitrogênio + Fósforo + Potássio). Em áreas de cultivo, sobretudo em monoculturas, o solo costuma ser compacto e apresenta baixa porosidade e taxas de filtração. Dessa forma, uma parte dos fertilizantes aplicados não é absorvida pelo solo, permanecendo em sua superfície externa. Durante a chuva, tais nutrientes são arrastados por lixiviação superficiais pelas enxurradas até os corpos de água

mais próximos, causando uma série de consequências negativas ao ambiente, como os já mencionados.

Apesar do aumento das áreas de agricultura e pecuária, e o potencial negativo que isso apresenta ao ambiente na área foco da pesquisa, é importante destacar que, de maneira geral, não foram detectadas diferenças significativas nos parâmetros da água, exceto nos níveis de pH, que ficaram muito acima do que seria esperado para a região (4.0 a 5.0). Esse aumento pode indicar uma possível eutrofização das águas, que é o aumento da disponibilidade de nutrientes no ambiente, especialmente no aquático. Com a maior quantidade de nutrientes, verifica-se um surgimento exagerado do número de algas microscópicas e de cianobactérias, que formam uma camada que impede as trocas de gases com a atmosfera e reduz a passagem de luz, principalmente nas represas e cursos d'água.

Quanto aos possíveis impactos ambientais nos solos, essa alcalinização ainda precisa ser mais bem verificada, prevendo-se os impactos desse processo no solo e nas relações edáficas para as espécies nativas do Domínio Biogeográfico do Cerrado.

As concentrações de inseticidas, herbicidas e adubos, tais como o Glifosato, o 2-4-D e o Malation, estiveram abaixo do limite de detecção do método, evidenciando que as pequenas alterações no uso e ocupação do solo ao longo da última década não foram suficientes para causar mudanças expressivas nesses parâmetros da água.

Em relação ao Ferro dissolvido, é importante destacar que houve uma redução na concentração desse metal na forma dissolvida entre períodos secos e úmidos, uma vez que a falta de chuva contribui com a concentração do soluto e o aumento de sais e metais dissolvidos na água.

Por fim, o aumento da concentração de *Escherichia Coli* no Ponto de Coleta 7 no período seco, como já mencionado, também pode ser atribuído a esse fator, uma vez que nessas épocas do ano há uma grande concentração de substâncias orgânicas na água, aumentando significativamente os níveis dessa bactéria, o que requer atenção e monitoramento para evitar possíveis contaminações.

Numa perspectiva de percepção de conjunto, as informações advindas dos resultados das amostras de águas analisadas, guardadas as especificidades têmporo-espaciais, corroboradas pelos estudos similares em diferentes regiões do Brasil, pode-se deduzir que as alterações antrópicas nas paisagens da área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, no Sudeste Goiano, demonstram potencial alarmante quanto a resiliências dos sistemas ambientais naturais em detrimento das transformações tecnificadas aceleradas verificadas.

4 CONSIDERAÇÕES

Levando em conta a importância dos recursos hídricos provenientes de bacias hidrográficas e a influência da sazonalidade climática nos parâmetros de qualidade da água, este estudo teve como objetivo geral a análise da qualidade da água e seus componentes na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano, considerando a influência de períodos sazonais climáticos e as atividades antrópicas desenvolvidas na região, tendo como objetivos específicos da pesquisa a análise dos componentes físico-químicos existentes na água da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, realizando o mapeamento da existência de atividades antrópicas no interior e no entorno da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento.

Ainda, realizou-se a verificação da influência dos períodos sazonais climáticos e suas alterações nas análises químico-biológicas da água em sete pontos distintos na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento. A análise da qualidade da água foi realizada em momentos diferentes (quatro estações do ano) por meio de coletas nos sete pontos distintos da Bacia, avaliando os efeitos da sazonalidade climática e de uso do solo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, no Sudeste Goiano.

Ao comparar os dados obtidos por meio do material coletado (água *in natura*) nas quatro diferentes Estações do Ano, corroborada com a literatura técnico-científica pontuada no texto, e ainda dispondo de informações históricas, foi possível analisar o ambiente e entender a influência das atividades antrópicas na degradação dessas áreas sensíveis.

Os resultados deste estudo não destacaram a presença forte de substâncias químicas, como o Malation e os Compostos Organoclorados e Organofosforados, que são utilizados como pesticidas, considerando que os níveis estavam abaixo do detectável pelo método de análise adotado. Apesar disso, o manuseio adequado desses compostos é essencial para evitar danos à saúde humana e ao ambiente como um todo, ressaltando a importância do monitoramento contínuo de seus usos e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis e responsáveis, a fim de mitigar os impactos negativos na qualidade da água e, conseqüentemente, na biodiversidade.

Continuando, a análise dos parâmetros de qualidade da água quanto aos metais, como Ferro e Alumínio dissolvidos, e quanto aos parâmetros biológicos, como *Escherichia coli*, Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais, mostrou variações sazonais significativas, mostrando que está ocorrendo processos careadores para os cursos de água na área.

A redução na concentração de Ferro dissolvido no período seco indica uma possível melhoria na qualidade da água, sem desconsiderar uma menor percolação de água nos solos, diminuindo a solubilização do Ferro e outros metais, enquanto a presença de altas concentrações de *Escherichia coli* e Coliformes Termotolerantes no período úmido sugerem contaminação por fezes (animais e humanas) por processos de carreamento por águas superficiais. Essas observações reforçam a necessidade de maior atenção no monitoramento da área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, especialmente durante o período seco, quando a escassez de chuvas contribui para uma maior concentração de poluentes.

Vale ainda pontuar que o tratamento de águas residuais provenientes de esgotos humanos deve ser uma constante em áreas em que os cursos d'água estão próximos ou que há possibilidade de contaminação do lençol freático. Importante saber que no mercado existem opções com preços acessíveis para comunidades menos abastadas, e até mesmo métodos caseiros de tratamento deste tipo de resíduo, objeto relevante para estudos futuros. Contudo, há que esclarecer que não há núcleos urbanos na área com sistemas de coleta e/ou tratamento de esgotos sanitários.

Interessante salientar que a redução da vegetação ciliar, devido ao desmatamento na região, pode também contribuir para a contaminação da água, destacando a necessidade de estratégias de conservação e recuperação desses ecossistemas sensíveis, principalmente a observância da legislação pertinente que estabelece parâmetros obrigatórios para a conservação desses ambientes.

Continuando, observa-se que as variações encontradas nos valores de pH nos pontos de coleta são, num primeiro momento, diretamente influenciadas pela sazonalidade climática, ou seja, o volume de chuvas nas diferentes estações do ano, bem como a temperatura ambiente, que afeta a qualidade da água, incidindo sobre a concentração de elementos naturais e também os provenientes de atividades antrópicas.

Porém, diante dos dados obtidos, pode-se afirmar que estão ocorrendo acréscimos consideráveis nos parâmetros do pH na água, principalmente se comparados com os dados de Ferreira (2003), que estavam na faixa de pH 4,5, e agora então na faixa de pH 6,5 a 8,0, indicando uma alcalinização da água, e conseqüente eutrofização, verificando-se um aumento dos nutrientes da água, o que estimula o surgimento de algas e cianobactérias. Esse processo pode levar à morte de várias espécies. Essa alcalinização/eutrofização podem ser decorrentes dos constantes acréscimos de Carbonato de Cálcio (Calcários e Gessos) e Fósforo, na forma de insumos agrícolas nas práticas agrárias. As prováveis conseqüências ainda não foram

mensuradas na área foco desta pesquisa, mas precisam ser urgentemente estudadas, visando evitar maiores prejuízos ao sistema biogeográfico regional.

A água alcalina natural normalmente ocorre quando a água passa sobre as rochas alcalinas e absorve seus minerais, provocando um aumento de seu nível alcalino por meio do enriquecimento com minerais. Porém, uma outra forma de obter água alcalina natural é via solarização, quando a luz do Sol faz com que minerais acidificantes (como o Flúor e o Cloro) evaporem, deixando maior quantidade de minerais alcalinizantes e necessários para a saúde (como o Magnésio e o Cálcio), o que pode estar ocorrendo na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, considerando que não há ocorrência de rochas alcalinas na área.

A alcalinidade é uma medida da capacidade da água para neutralizar os ácidos, portanto, a alcalinidade na água (com um pH de 7,0 ou superior) é causada principalmente pela presença de substâncias dissolvidas que neutralizam ácidos (álcalis). Está relacionada com o equilíbrio de dióxido de Carbono na água e é uma função do pH. Os três principais íons alcalinos na água que podem contribuir para a alcalinidade são: Bicarbonato (HCO_3^-); Carbonato (CO_3^{2-}); e Hidróxido (OH^-). Em ambientes naturais, baixos níveis de alcalinidade tornam os rios ou represas vulneráveis a poluentes ácidos, podendo levar a uma queda do pH da água para níveis nocivos para anfíbios, peixes ou zooplâncton. A alcalinidade pode ser importante para proteger ou estabilizar o pH para facilitar a fase de digestão anaeróbia do tratamento de águas residuais.

Quando consumida a água, com elevado teor alcalino, tem um sabor semelhante a "bebida gaseificada" desagradável e pode ser prejudicial para a saúde dos seres humanos. Em equipamentos industriais e tubos, um elevado teor alcalino na água pode provocar a formação de calamina ou a acumulação de minerais.

Devido a esses fatores, vislumbram-se alterações consistentes na população aquática devido à instabilidade das condições de sobrevivência, sendo necessária a adoção de medidas que permitam a manutenção do bioma, mantendo a sobrevivência das populações humanas de forma sustentável. Consequentemente, o processo de alcalinização das águas superficiais na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento vem provocando alterações nos ambientes hídricos, com bem demonstram os resultados quanto a alteração do pH dos Pontos de Amostragens, o que poderá acelerar a modificação desses ambientes, tornando-os mais eutrofizantes, afetando diretamente a dinâmica Biogeográfica desses ecossistemas.

Por fim, entende-se desta forma, que o manejo correto das atividades atinentes as práticas da agricultura e pecuária já existentes dentro e no entorno da região estudada, em especial na área da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, assim como o monitoramento de

novas incursões neste sentido, aliado ao fornecimento de condições para o tratamento dos esgotamentos antrópicos e de resíduos provenientes de outras atividades agrícolas e industriais, são ações que podem mitigar os prejuízos causados pelos agentes poluidores e/ou contaminantes à água.

Paralelo a isso, deve-se respeitar os efeitos da sazonalidade climática quanto à incidência de maior ou menor volume de chuvas que, comprovadamente, por meio deste estudo e outros, influencia a dinâmica quanto ao uso do solo de todo o sistema biogeográfico da Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, no Sudeste Goiano.

O desafio da pesquisa continua. Há necessidade de continuar os monitoramentos, viando o conhecimento dos possíveis impactos socioambientais decorrentes das atividades antrópicas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Volume III - Diagnóstico e prognóstico da bacia hidrográfica. Brasília, 2016. Disponível em: https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/a2ba283b05474fa2b11baefd6e7ea0a7_1/about Acesso em: 04 fev.2024.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd ed. Washington, D.C., 2017.

ARAÚJO, Ana Alice Quintans de; ALBUQUERQUE, Maria Virginia da Conceição; OLIVEIRA, Rui de; LOPES, Wilton Silva. **Liberção de metais pesados em sedimentos: uma Revisão**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2019. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2019/trabalhos/pdf/congestas2019-et-06-006.pdf> Acesso em: 12 fev.2024.

ARAÚJO, Ronaldo S.; ALVES, Maria da Glória; MELO, Teresa Condesso; CHRISPIM, Zélia Maria Peixoto; MENDES, M. Paula; SILVA JÚNIOR, Gerson. **Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal**. Science of The Total Environment, v. 511, p. 815–828, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e documentação – citações em documentos – apresentação**: NBR 10520. Rio de Janeiro, 2023. 24 p. Disponível em: http://plone.ufpb.br/secretariado/contents/documentos/abnt-docs/2023_abnt-10520-citacoes.pdf Acesso em: 12 jun.2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e documentação – artigo de publicação periódica científica impressa – apresentação**: NBR 6022. Rio de Janeiro, maio 2003. 5 p. Disponível em: <https://posticsenasp.ufsc.br/files/2014/04/abntnbr6022.pdf> Acesso em: 12 jun.2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e documentação – projeto de pesquisa – apresentação**: NBR 15287. Rio de Janeiro, dez. 2011. 08 p. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/download/NBR15287.pdf> Acesso em: 12 jun.2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e documentação – referências – elaboração**: NBR 6023. Rio de Janeiro, ago. 2002. 3 p. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/40070/1837975/ABNT+NBR+6023+2018+%281%29.pdf/3021f721-5be8-4e6d-951b-fa354dc490ed> Acesso em: 12 jun.2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação**: NBR 14724. Rio de Janeiro, ago. 2002. 24 p. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/download/NBR14724.pdf> Acesso em: 12 jun.2024.

BELTRÃO, G. de B. M.; MEDEIROS, E. S. F.; RAMOS, R. T. da C. **Effects of riparian vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish assemblage in a tropical Brazilian reservoir**. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 4, p. 37–43, 2009.

BIN, A.; SALLES-FILHO, S.L.M.; PAULINO, S.R.; RODRIGUES, G.S. **Impactos ambientais na agricultura: um método de avaliação de programas tecnológicos**. *Revista Ciências Administrativas*, v. 9, n. 1, p. 76-83, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888**, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562> Acesso em: 12 jun.2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba**, Relatório Parcial nº 14, Brasília: MMA, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5**, de 28 de setembro de 2017. Aprova a Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 29 set. 2017. Seção 1, p. 122- 256. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/pnpmf/orientacao-ao-prescritor/Publicacoes/portaria-de-consolidacao-no-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view> Acesso em: 12 jun.2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 81-94. Disponível em: <https://saaetrombas.go.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/Portaria-2914-Pad-Qual-Agua.pdf> Acesso em: 12 jun.2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Subsecretaria de Planejamento e Informações Hídricas. **Manual de hidrologia aplicada a pequenas bacias hidrográficas**. Brasília: MMA, 2005.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a reassessment. *Land Use and Water Resources Research*, v. 4, p. 1-19, 2001.

CÉSAR, J.; ANDRADE, J. C.; ALVIM, T. R. **Tendência das disciplinas de Química Geral no Brasil**. *Revista Chemkeys*, v. 4, 2005.

DEFFONTAINES, B.; CHOROWICZ, J. **Principles of drainage basin analysis from multisource data**: Application to the structural analysis of the Zaire Basin. *Tectonophysics*, v. 194, n. 3, p. 237–263, 1991.

DREW, D. **Processos interativos Homem-Meio Ambiente**. 2. ed. Tradução de João Alves dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

EYLES, J. Interpretação geográfica do Globo. Aproximações qualitativas em pesquisa geográfica. In: EYLES, J.; SMITH, D. M. **Qualitative methods in Human Geography**. Cambridge: Polity Press, 1988.

FELFILI, J. M. et al. Projeto biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociências**, v. 12, n.4, p. 75-166, Rio de Janeiro, 1994.

FERREIRA, I. M. **Paisagens topocídicas: extinção paisagística dos palmeirais nativos no Domínio do Cerrado**. 2023. 195f. Tese (Livre Docência/Titular) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Catalão. Catalão, 2023.

FERREIRA, I. M. Caracterização paisagística dos Campos de Murunduns em áreas aplainadas do Cerrado. In.: FREIRES, A. S. e tal. **Água Futuras no Cerrado**. Goiânia: KELPS, 2021. p. 75-102.

FERREIRA, I. M. Paisagens do Cerrado: um estudo do Subsistema de Veredas. In.: GOMES, H. (Coord.). **Universo do Cerrado**. Goiânia: Ed. UCG, 2008. p. 165-230.

FERREIRA, I. M. **O afogar das Veredas: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO)**. 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/104459> Acesso em: 15 fev.2024.

FERREIRA, I. M. Paisagens cotidianas: Veredas, a experiência dos moradores. In: **Espaço em Revista**, Volume Especial, n. 2, p. 80-86. Catalão, 1999.

FERREIRA, I. M. **Relações morfoopedológicas em Formações Superficiais de Cimeira**. O exemplo do Complexo Dômico de Catalão - GO. 1996. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

FERREIRA, I. M.; MENDES, E. de P.P. Releituras geográficas das paisagens do Brasil. **Espaço em Revista**, V. 25, n. 1, p. 07-33, jan.-jun. 2023.

FIGUEIREDO, D.D.; PAZ, E.; SOUZA, A. Availability, uses and management of water in the Brazilian Pantanal. In: **Tropical Wetland Management – The South American Pantanal and International Experience**. New York, NY: Routledge, 2016. p. 333.

FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I. de B.; LIMA, E.R.V.; BANDEIRA, M.M.; SILVA, B.B. da. Mapeamento da Caatinga com Uso de Geotecnologia e Análise da Umidade Antecedente em Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 676–693, 2012. DOI: 10.26848/rbgf.v5i3.232864. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232864>. Acesso em: 12 fev. 2024.

FREIRES, A.S.; RODRIGUES, R.de Á.; FERREIRA, I.M.; SILVEIRA, A.A.G.; CORREIA JUNIOR, G. (Orgs.). **Águas futuras no Cerrado**. Goiânia: NEPSA-UFCAT/KELPS, 2021.

GATZKE, E.G. **Integridade ambiental de bacias hidrográficas submetidas a diferentes graus de conservação**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3174> Acesso em: 12 fev.2024.

GEISSEN, V.; MOL, H.G.J.; KLUMPP, E.; UMLAUF, G. **Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management**. International Soil and Water Conservation Research, v. 3, n. 1, p. 57–65, 2015.

HILL, N. M.; KEDDY, P. A.; WISHEU, I. C. **A Hydrological Model for Predicting the Effects of Dams on the Shoreline Vegetation of Lakes and Reservoirs**. Environmental Management, v. 22, n. 5, p. 723–736, 1998.

HORTON, R.E. **The role of infiltration in the hydrologic cycle**. Transactions, American Geophysical Union, v. 13, n. 1, p. 446-460, 1933.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: Catalão**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/catalao.html> Acesso em: 15 fev.2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: Catalão**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/catalao.html> Acesso em: 15 fev.2024.

JOST, U.; HABEDANK, F. **Two-dimensional hydrophilic interaction and reversed phase liquid chromatography easily extracted pesticides and polar pesticides multi-residue method – A Concept**. Journal of Chromatography A, v. 461040, 2020.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. **A Conservação do Cerrado Brasileiro**. MEGADIVERSIDADE, v.1, n.1, p. 147-155, 2005. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/17973/material/Cerrado_conservacao.pdf Acesso em: 16 fev.2024.

KUHLMANN, M. **Frutos e sementes do Cerrado: espécies atrativas para fauna**. 2. ed. Brasília: M. K. Peres, 2018.

LEAL, A.C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos**. ENTRE-LUGAR, v. 3, n. 6, p.65–84, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/2447> Acesso em: 13 fev.2024.

LEÃO, M.B. **Avaliação dos efeitos da associação dos herbicidas 2-4-D e picloram sobre parâmetros de toxicidade em *Drosophila melanogaster***. 2017. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária), Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2017. Disponível em: <http://dspace.unipampa.edu.br:8080/jspui/handle/riu/3037> Acesso em: 06 fev.2024.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology**. W. H. Freeman, 1964.

LIMA, P.Q. de. **Viabilidades de restauração das fitofisionomias em paisagens fragmentadas na Bacia do Rio São Bento, Sudeste Goiano**. 2014. 101f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Geografia. Catalão, 2014.

LIMA, P.Q. de.; FERREIRA, I.M. **Implicações ambientais no campo: análise na Bacia Hidrográfica do Rio São Bento, Sudeste Goiano**. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária, 2012.

MACHADO, Ricardo B. *et al.* **Estimativas de perda do Cerrado Brasileiro**. Conservação Internacional. Brasília-DF, 2004.

MENDES, E.de P.P.; FERREIRA, I.M. Ocupação e povoamento de Goiás no contexto dos Séculos XVIII ao XXI. In: FERREIRA, I. M.; MENDES, E. de P. P. (Orgs.). **Histórias Geográficas: paisagens do Kapót**. Jundiá: Paco Editorial, p. 11 – 41, 2020.

MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M. de S.; FIA, R.; OLIVEIRA, L.F. C. de. **Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 3, p. 519–534, 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/32235?mode=full> Acesso em: 10 fev. 2024.

MONTEIRO, M.F.; SILVA, T.C. da. **Aspectos Fluviais importantes para a Fotointerpretação**. Salvador: Ed. UFBA, 1979.

OLIVEIRA, C.R. de. **Qualidade da água e conservação de nascentes em assentamento rural na Mata Pernambucana**. Recife, 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10785> Acesso em: 05 fev. 2024.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 43–60, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DAVINÓPOLIS. 2023. Disponível em: <https://davinopolis.go.gov.br/historia/> Acesso em: 02 fev.2024.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p. 89-166. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136069/1/fitofisionomias-do-Bioma-Cerrado-2.pdf> Acesso em: 01 fev.2024.

RODNEY, S. I.; TEED, R. S.; MOORE, D. R. J. **Estimating the Toxicity of Pesticide Mixtures to Aquatic Organisms: A Review**. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, v. 19, n. 6, p. 1557–1575, 2013.

RODRIGUES, R.de Á. **Chuvos em Araguari (MG): contribuição ao estudo da gênese e subsídios à análise da estrutura espacial**. 2006, 180f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás – Instituto de Estudos Sócio-Ambientais. Goiânia, 2006.

RODRIGUES, R.de Á.; COSTA, A.C.; VAZ, J.L. Planejamento ambiental em áreas de bacias hidrográficas e uso do solo em Catalão (GO). In.: FREIRES, A.S. et al. **Água Futuras no Cerrado**. Goiânia: KELPS, 2021. p. 103-127.

RODRIGUES, R.de Á. *et al.* Água e gestão socioambiental no município de Ouvidor (GO). In.: FERREIRA, I. M. (Org.). **Geografia: Ordenamento do território**. Goiânia: KELPS, 2022. p. 208-225.

SILVA, M.A. da; FREITAS, C.M. **Desastres tecnológicos em barramentos de rejeitos de mineração: impactos, danos e perspectivas de gestão de risco**. AGB Bauru, 2020. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducao2020/Reducao_2ed-2020-19.pdf
Acesso em: 10 fev.2024.

SMITH, V.H. **Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems: a global problem**. Environmental science & pollution research, v. 27, n. 17, p. 20695-20703, 2020.

STRAHLER, A.N. **Geografia Física**. Barcelona: Ediciones Omega, 1951; 1988.
TANABE, S. **Contamination and toxic effects of persistent endocrine disrupters in marine mammals and birds**. Marine pollution bulletin, v. 40, n. 12, p. 938-946, 2002.

TRINDADE, A.L.C.; ALMEIDA, K.C. de B.; BARBOSA, P.E.; OLIVEIRA, S.M.A.C. **Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, Estado de Minas Gerais**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 13–24, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/4n83rTXFZGHbc5Q5kL7cbcn/#>
Acesso em: 06 fev. 2024.

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P.B.; GESSNER, M.O.; DUDGEON, D.; PROUSSEVITCH, A.A.; GREEN, P.; GLIDDEN, S.; SULLIVAN, C.; LIERMANN, C.R.; DAVIES, P. **Global threats to human water security and river biodiversity**. Nature, v. 467, n. 7315, p. 555-561, 2010.

WHO – World Health Organization. **Environmental Health Criteria 222: Organophosphorus Insecticides: A General Introduction**. Geneva: World Health Organization, 2001.