

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DINÂMICAS TERRITORIAIS E ESTUDOS
AMBIENTAIS

HÉRICA LEONEL DE PAULA RAMOS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA PAISAGEM E DO POTENCIAL DE RECARGA DOS
CURSOS D'ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS
BOA VISTA E TENDA EM UBERLÂNDIA-MG: UMA CONTRIBUIÇÃO
AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL E À CONSERVAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

UBERLÂNDIA, MG
2024

HÉRICA LEONEL DE PAULA RAMOS OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA PAISAGEM E DO POTENCIAL DE RECARGA DOS
CURSOS D'ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS
BOA VISTA E TENDA EM UBERLÂNDIA-MG: UMA CONTRIBUIÇÃO
AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL E À CONSERVAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS**

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

Área de concentração: Dinâmicas Territoriais e Estudos Ambientais.

Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Silva Brito

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

O48a
2024 Oliveira, Hérica Leonel de Paula Ramos, 1974-
Avaliação da paisagem e do potencial de recarga dos cursos d'água nas bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda em Uberlândia-MG [recurso eletrônico] : uma contribuição ao planejamento ambiental e à conservação de recursos hídricos / Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira. - 2024.

Orientador: Jorge Luís Silva Brito.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Geografia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2024.5022>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Brito, Jorge Luís Silva, 1966-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppggeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

| | | | | |
|------------------------------------|--|-----------------|------------|----------------------------------|
| Programa de Pós-Graduação em: | GEOGRAFIA | | | |
| Defesa de: | Tese de Doutorado Acadêmico, Número 259, PPGGEO | | | |
| Data: | 27 de março de 2024 | Hora de início: | 14h:30min. | Hora de encerramento: 18h:00min. |
| Matrícula do Discente: | 12013GEO009 | | | |
| Nome do Discente: | HÉRICA LEONEL DE PAULA RAMOS OLIVEIRA | | | |
| Título do Trabalho: | AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS CÓRREGOS BOA VISTA E TENDA EM UBERLÂNDIA-MG: UMA CONTRIBUIÇÃO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS | | | |
| Área de concentração: | DINÂMICAS TERRITORIAIS E ESTUDOS AMBIENTAIS | | | |
| Linha de pesquisa: | ESTUDOS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS | | | |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | DIRPEPRINT IG-UFU-CAPEs (Projeto CAPEs-PRINT 8881.1311521/2018-01) - Membro(2019-2024) - Construção de cidades saudáveis: saúde, população e dinâmica social. | | | |

Reuniu-se no Campus Santa Mônica Sala 14 do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em **GEOGRAFIA**, assim composta: Professores Doutores: **Mauro das Graças Mendonça - IFTM-MG; Vera Lúcia Abdala - IFTM - MG; Rildo Aparecido Costa - IG - UFU; Ângela Maria Soares - IG - UFU e Jorge Luís Silva Brito - IG-UFU** (orientador do(a) candidato). Os membros participaram de forma remota.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, **Professor Jorge Luís Silva Brito - IG-UFU**, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Doutora**.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Luis Silva Brito, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/03/2024, às 17:53, 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 **Mauro das Graças Mendonça, Usuário Externo**, em 27/03/2024, às 17:55, 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 **Angela Maria Soares, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/03/2024, às 17:55, 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 **Rildo Aparecido Costa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/03/2024, às 17:56, 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 **Vera Lúcia Abdala, Usuário Externo**, em 28/03/2024, às 11:54, 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://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5222663** e o código CRC **2C00B686**.

Aos meus pais, Dolmira e Quintino (in memoriam), exemplos de força, coragem e honestidade!

Aos meus filhos, Heloisa e Heitor (in memoriam), há muito o que dizer e, ao mesmo tempo, não há palavras. Amores sem fim!

Com eles aprendi o significado de: “Em tudo dai Graças!” (Tessalonicenses 5:18).

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me dar coragem para enfrentar os desafios da vida, por iluminar meu caminho e por não me deixar desistir diante dos inúmeros obstáculos. Ao Senhor Jesus Cristo, meu companheiro invisível e visível em todas as coisas do universo, pelo auxílio constante, e à Nossa Senhora Desatadora dos Nós, por todas as bênçãos alcançadas.

Agradeço ao meu esposo Milton, pelo apoio em diversos momentos desta tese e pelas críticas que se tornaram incentivo, fortalecendo-me ainda mais à realização dos meus objetivos.

Agradeço ao professor Dr. Jorge Luís Silva Brito por me escolher como orientanda, pelo auxílio na elaboração de mapas e pela confiança no meu desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço à Professora Dra. Ângela Maria Soares pela participação e pelas valiosas sugestões apresentadas por ocasião da defesa do relatório de qualificação. Além disso, expressei minha gratidão pela confiança em mim depositada, amizade e consideração, pelas oportunidades e pelo apoio em relação aos meus objetivos de vida. Serei sempre grata a ti!

Agradeço ao Professor Dr. Rildo Aparecido Costa por sua participação e pelas valiosas sugestões apresentadas na defesa do relatório de qualificação, bem como pelas contribuições extras e pelos conselhos e incentivos.

Agradeço ao Professor Dr. Mauro das Graças Mendonça por ter aceitado fazer parte da banca de defesa da tese e por seus valiosos ensinamentos e apoio em diferentes momentos da minha vida.

Agradeço à Professora Dra. Vera Lucia Abdala por aceitar fazer parte da banca de defesa da tese e pelas valiosas sugestões.

Agradeço à Professora Dra. Araújo Hulmann Batista pela disponibilização do espaço do Laboratório de Pedologia - LAPED do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia para a realização de algumas análises desta pesquisa e pelas dicas em relação às análises de sedimentos.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), ao Instituto de Geografia (IG) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia por proporcionar-me uma formação acadêmica gratuita e de qualidade.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado. Sem essa bolsa, não teria sido possível realizar todas as atividades e análises feitas na pesquisa e garantir minha subsistência financeira durante esse período.

Agradeço aos meus irmãos e as minhas irmãs: Jair, Géσιο, Valter, Maria, Maria de Lourdes, Maria Irene e Angélica, pelo apoio, incentivo e ajudas em diferentes momentos da minha vida.

Agradeço à Sylvia Lima, Cleide Resende, Thalita Resende e Rafael Mesquita pela amizade, compreensão e apoio em diversos momentos difíceis deste doutoramento.

Agradeço à Patrícia Lopes Maioli pela colaboração no *Abstract* e *Resumen* deste trabalho.

Agradeço ao Sr. Valdemiro Paulino de Lima pelo apoio e companheirismo nos levantamentos de campo, especialmente nos ensaios de permeabilidade de solo e nas coletas de materiais inconsolidados.

Agradeço ao Professor Dr. Elias Nascentes Borges pela autorização de minha participação na realização das análises granulométricas, as quais foram feitas pelo Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Agradeço ao técnico Marcelo Alves da Rocha Dias, do Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, pelo acolhimento, pelas explicações e pela realização das análises granulométricas.

Agradeço ao Professor Dr. Marcos Henrique de Oliveira Souza pela autorização do uso da estufa do Laboratório de Geologia do Museu de Minerais e Rochas da Universidade Federal de Uberlândia para a preparação de amostras de sedimentos a serem enviadas ao laboratório de análises.

Agradeço ao Professor Dr. Jean Rodrigo Garcia pela autorização do uso dos equipamentos (peneiras e agitadores) do Laboratório de Geotecnia – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia para preparação de amostras de sedimentos a serem enviadas ao laboratório de análises.

Agradeço ao Professor Dr. Matheus Fonseca Durães do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia pela disponibilização de dados climatológicos.

Agradeço ao Fabrício S. Flauzino pelo auxílio na escolha dos parâmetros de análise das águas superficiais apresentadas neste trabalho, pelas sugestões e pelo gerenciamento dos ensaios realizados pela equipe do Laboratório de Ensaios em Alimentos e Meio Ambiente – LAMAM do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI para avaliação das águas superficiais.

Agradeço ao Marcelo S. Flauzino pelo auxílio na coleta das amostras de água e pela realização dos ensaios de avaliação das águas superficiais feitos no laboratório Triângulo Lab Ltda.

Agradeço à empresa SGS Geosol pela realização dos ensaios de avaliação química dos sedimentos fluviais.

Agradeço à Professora Dra. Suely Regina Del Grossi pelo carinho, pela confiança em mim depositada e pelas oportunidades. Grande mestra no ensino de Geografia e na vida.

Agradeço à Professora Dra. Suely Aparecida Gomes Moreira pelo apoio, pela amizade e por uma frase escrita na ocasião de minha primeira graduação: “*O mundo não é dos inteligentes, mas dos esforçados, que acreditam que não há limites para sonhar!*”. Exemplo de dedicação aos seus.

Agradeço ao Rafael M. Rosa pela assistência técnica para confecção de mapas e pelo incentivo positivo em vários momentos.

Agradeço a técnica Eleusa Fátima de Lima pela atenção no período em que desenvolvi a pesquisa no Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto (LACAR).

Agradecimentos: ao Projeto CAPES-PRINT 8881.1311521/2018-01: Construção de cidades saudáveis: saúde, população e dinâmica social.

Agradeço ao Janiel Lopes, companheiro de doutorado e incentivador.

Agradeço ao Sr. Itamar da Silva pela disponibilização de informações e fotos referentes ao Conselho Comunitário para o Desenvolvimento Sustentável Olhos D'Água.

Agradeço à Professora Fernanda Santana Alves pelos ensinamentos e pelas dicas no idioma Inglês, pela amizade e pelos ensinamentos de vida.

Agradeço ao Sr. Wesley Rodrigues, presidente geral dos Conselhos Comunitários de Desenvolvimento Rural Sustentável de Uberlândia; ao Sr. Diógenes P. Silva, presidente do Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural da Tenda do Moreno em Uberlândia; e ao Sr. Miclei Eterno, presidente do Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Olhos D'Água em Uberlândia, pelas informações fornecidas a respeito dos mencionados conselhos comunitários.

Agradeço ao Sr. Masterson Ferreira da Silva, supervisor de projetos de Recuperação de Nascentes – Programa Buriti, pela disponibilização de informações a respeito da configuração do projeto mencionado.

Agradeço ao Sr. Luiz Peppe, da Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação, pela disponibilização da imagem dos Conselhos Comunitário de Desenvolvimento Rural Sustentável de Uberlândia.

Enfim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, incentivaram e colaboraram para de alguma forma para a realização deste trabalho.

Hoje, mais do que nunca, compreendo a existência de uma força maior...

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito”.

Marthin Luther King

*[...]Impossível é uma palavra muito grande que gente
pequena usa pra tentar nos oprimir [...]*

Charlie Brown Jr

“(...) às vezes podemos influenciar o resultado de uma surpresa. Em se tratando de um resultado positivo, podemos multiplicá-los; em se tratando de um resultado negativo, podemos evitá-lo” (Schwartz, 2003, p. 25)

RESUMO

A água é um bem natural indispensável para a sobrevivência dos seres vivos. Entretanto, as mudanças estabelecidas nos componentes naturais, decorrentes do modelo de cobertura e uso da terra, destacam a importância de uma compreensão integrada dos elementos da paisagem em vista à segurança hídrica. No entanto, depara-se com estudos e ações fragmentadas que contribuem para o aumento dos problemas ambientais, podendo evoluir e resultar em escassez hídrica. Assim, o objetivo desta tese é analisar a paisagem das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda, em Uberlândia-MG, para identificar áreas com potencial de recarga hídrica, fornecendo contribuições para o planejamento e a gestão ambiental do território, com intuito de conservar os recursos hídricos dessas bacias hidrográficas e áreas análogas. Nesse contexto, a pesquisa teve como aporte a abordagem sistêmica para interpretar, integralmente os componentes da paisagem numa bacia hidrográfica. Para tal, foram descritas brevemente algumas metodologias adotadas em sua essência, adaptadas, modificadas, complementadas e/ou propostas, detalhados os procedimentos metodológicos utilizados e apresentadas as principais operações de análise geográfica em Sistema de Informação Geográficas. Para obtenção dos resultados, a pesquisa contemplou, inicialmente, a organização e compilação do referencial teórico-conceitual, a realização de coleta e seleção de dados, a construção da base cartográfica. Em seguida, fez-se inventário e análises, compostos pela realização das análises *in situ* e em laboratório, bem como pelo levantamento dos usos da água. Como resultado obteve-se a caracterização dos componentes naturais e antrópicos da paisagem, incluindo o mapeamento temático em escala espacial de 1:25.000; a avaliação das condições ambientais dos recursos hídricos, abrangendo a qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais, bem como os diversos usos da água; e o mapeamento das áreas com potencial natural e ambiental para recarga dos cursos d'água, demonstrando os cenários ambientais; além da compreensão de riscos e problemas ambientais. Todos os resultados colaboraram para as proposições de diretrizes apresentadas nesta, visando a segurança hídrica. Assim, entende-se que as questões norteadoras foram respondidas, comprovando a tese proposta, uma vez que produziu resultados que demonstram as transformações na paisagem, evidenciando que a projeção de uso e ocupação da terra sobre as áreas de potencial para recarga dos cursos d'água da área estudada resulta em um cenário de escassez hídrica. Logo, a pesquisa se apresenta como um documento importante, fornecendo subsídios para tomadas de decisões e formulação de um planejamento ambiental conservacionista, que visa promover a manutenção dos recursos hídricos da área estudada e de outras bacias hidrográficas análogas.

Palavras-chave: paisagem; bacias hidrográficas; cobertura e uso da terra; Uberlândia; potencial de recarga; cenários ambientais; segurança e escassez hídrica; planejamento ambiental.

ABSTRACT

Water is an indispensable natural resource for the survival of living beings. However, the changes in natural components resulting from land cover and land use highlight the importance of an integrated understanding of landscape elements in order to ensure water security. However, fragmented studies and actions are contributing to an increase in environmental problems, which could evolve and result in water scarcity. Thus, the objective of this thesis is to analyze the landscape of the river basins of the Boa Vista and Tenda streams, in Uberlândia-MG, to identify areas with water recharge potential, providing contributions to the planning and environmental management of the territory, with the aim of conserving the water resources of these river basins and similar areas. In this context, the research was supported by the systemic approach to fully interpret the components of the landscape in a watershed. To this end, some of the methodologies adopted in their essence, adapted, modified, complemented and/or proposed, were briefly described, the methodological procedures used were detailed and the main geographic analysis operations in the Geographic Information System were presented. To obtain the results, the research initially included organizing and compiling the theoretical-conceptual framework, collecting and selecting data, and building the cartographic base. This was followed by an inventory and analysis, consisting of in situ and laboratory analyses, as well as a survey of water uses. The result was the characterization of the natural and man-made components of the landscape, including thematic mapping on a spatial scale of 1:25,000; the assessment of the environmental conditions of water resources, covering the quality of surface water and river sediments, as well as the various uses of water; and the mapping of areas with natural and environmental potential for recharging watercourses, demonstrating environmental scenarios; in addition to understanding environmental risks and problems. All of the results contributed to the proposed guidelines presented here, with a view to water security. Thus, it is understood that the guiding questions were answered, proving the proposed thesis, since it produced results that demonstrate the transformations in the landscape, showing that the projection of land use and occupation under. Therefore, the research is an important document, providing input for decision-making and the formulation of conservationist environmental planning, which aims to promote the maintenance of water resources in the area studied and other similar watersheds.

Keywords: landscape; watersheds; land cover and use; Uberlândia; recharge potential; environmental scenarios; water security and scarcity; environmental planning.

RESUMEN

El agua es un recurso natural indispensable para la supervivencia de los seres vivos. Sin embargo, los cambios que se establecen en los componentes naturales, derivados del modelo de cobertura y uso del suelo, resaltan la importancia de una comprensión integrada de los elementos del paisaje con vistas a la seguridad hídrica. Sin embargo, nos enfrentamos a estudios y acciones fragmentados que contribuyen al aumento de los problemas medioambientales, que pueden evolucionar y desembocar en la escasez de agua. Así, el objetivo de esta tesis es analizar el paisaje de las cuencas de los arroyos Boa Vista y Tenda, en Uberlândia-MG, para identificar áreas con potencial de recarga hídrica, brindando aportes para la planificación y gestión ambiental del territorio con intención de conservar los recursos hídricos de estas cuencas fluviales y zonas similares. En este contexto, la investigación se apoyó en el enfoque sistémico para interpretar plenamente los componentes del paisaje en una cuenca fluvial. Para ello, describieron-se brevemente algunas de las metodologías adoptadas en su esencia, adaptadas, modificadas, complementadas y/o propuestas, se detallaron los procedimientos metodológicos utilizados y presentaron-se las principales operaciones de análisis geográfico en el Sistema de Información Geográfica. Para obtener los resultados, la investigación incluyó inicialmente la organización y compilación del marco teórico-conceptual, la recogida y selección de datos y la construcción de la base cartográfica. A continuación, llevó-se a cabo un inventario y un análisis, consistentes en análisis in situ y de laboratorio, así como una encuesta sobre los usos del agua. El resultado fue la caracterización de los componentes naturales y artificiales del paisaje, incluida la cartografía temática a escala espacial 1:25.000; la evaluación de las condiciones medioambientales de los recursos hídricos, que abarca la calidad de las aguas superficiales y los sedimentos fluviales, así como los diversos usos del agua; y la cartografía de las zonas con potencial natural y medioambiental para la recarga de los cursos de agua, demostrando escenarios medioambientales; así como la comprensión de los riesgos y problemas medioambientales. Todos los resultados contribuyeron a las directrices propuestas para la seguridad hídrica. Así, se entiende que las preguntas orientadoras fueron respondidas, comprobando la tesis propuesta, ya que produjo resultados que demuestran las transformaciones en el paisaje, mostrando que la proyección del uso y ocupación del suelo sobre las áreas de potencial de recarga de los cursos de agua del área estudiada resulta en un escenario de escasez hídrica. Por lo tanto, la investigación es un documento importante, que proporciona apoyo para la toma de decisiones y la formulación de la planificación ambiental conservacionista, que tiene como objetivo promover el mantenimiento de los recursos hídricos en la zona estudiada y otras cuencas hidrográficas similares.

Palabras clave: paisaje; cuencas hidrográficas; cobertura y uso del suelo; Uberlândia; potencial de recarga. escenarios ambientales; seguridad y escasez de agua; planificación ambiental.

LISTA DE MAPAS

| | |
|--|-----|
| Mapa 1 – Localização da área de estudo: Bacias Hidrográficas dos Córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT). | 39 |
| Mapa 2 – Localização dos pontos de análises: Amostragens, ensaios in situ e observações na área de estudo. | 81 |
| Mapa 3 – Curvas de nível e pontos cotados vetorizados das cartas topográficas na escala 1:25.000 – Base cartográfica das BHCBVT..... | 87 |
| Mapa 4 – Classes hipsométricas das BHCBVT. | 134 |
| Mapa 5 – Classes de declividade das BHCBVT. | 136 |
| Mapa 6 – Classes de Substrato Rochoso das BHCBVT..... | 139 |
| Mapa 7 – Classes de Materiais Inconsolidados das BHCBVT. | 145 |
| Mapa 8 – Classes do Nível de Água das BHCBVT. | 158 |
| Mapa 9 – Classes das Espessuras dos Materiais Inconsolidados das BHCBVT..... | 161 |
| Mapa 10 – Cobertura e Uso da terra das BHCBVT. | 163 |
| Mapa 11 – Localização dos pontos de amostragem das águas superficiais e dos sedimentos fluviais – BHCBVT..... | 191 |
| Mapa 12 – Pontos de captações superficiais e subterrâneas registradas na regulação de Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos e Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos - BHCBVT..... | 227 |
| Mapa 13 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água – BHCBVT. | 232 |
| Mapa 14 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água – BHCBVT. | 234 |
| Mapa 15 – Distribuição espacial das Áreas Potenciais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCBVT..... | 236 |
| Mapa 16 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água – Atual (2022) das BHCBVT. | 246 |
| Mapa 17 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada das BHCBVT..... | 247 |
| Mapa 18 – Cenário Ambiental Atual (2022) – Distribuição das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCBVT..... | 254 |
| Mapa 19 – Cenário Ambiental Projetado – Distribuição das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCBVT..... | 255 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1 – Etapas históricas dos estudos científicos a respeito da paisagem..... | 43 |
| Quadro 2 – Níveis da pesquisa. | 76 |
| Quadro 3 – Materiais utilizados na pesquisa. | 83 |
| Quadro 4 – Características da órbita e das imagens <i>Planet</i> | 104 |
| Quadro 5 – Descrição das classes de cobertura e uso da terra para as BHCbvt. | 106 |
| Quadro 6 – Tipos de ensaios e metodologias utilizados pelos laboratórios na realização das análises de qualidade das águas superficiais. | 111 |
| Quadro 7 – Tipos de ensaios e metodologias utilizados pelo laboratório na realização das análises dos sedimentos fluviais..... | 115 |
| Quadro 8 – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais (APARCA-A) das BHCbvt. | 128 |
| Quadro 9 – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas (APARCA-P) das BHCbvt. | 129 |
| Quadro 10 – Classes e características dos Materiais Inconsolidados das BHCbvt. | 143 |
| Quadro 11 – Pontos de amostragem e quantidade de amostras nos meses de agosto/2022 e março/2023. | 190 |
| Quadro 12 – Escalas de enquadramento do IQA para o estado de Minas Gerais. | 207 |
| Quadro 13 – Resultados do IQA – BHCbvt. | 208 |
| Quadro 14 – Níveis de prioridade de gestão e horizontes temporais para inserção das medidas e ações nas BHCbvt. | 282 |
| Quadro 15 – Medidas e ações de preservação, recuperação e manejo indicadas para os cenários de uso e ocupação das terras das BHCbvt de acordo com a prioridade para gestão. | 284 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 – Diferenças conceituais entre riscos e desastres naturais. | 64 |
| Figura 2 – Delineamento para identificação de situações de riscos. | 67 |
| Figura 3 – Articulação das Cartas topográficas do Ministério do Exército na escala de 1:25.000 e representação da base cartográfica da área de estudo. | 86 |
| Figura 4 – Equipamentos para análise granulométrica efetuada no LAMAS (2022). | 96 |
| Figura 5 – Equipamentos e materiais para análise granulométrica efetuada no LAMAS (2022). | 97 |
| Figura 6 – Esquema do Permeômetro <i>Guelph</i> , segundo Soto (1999). | 98 |
| Figura 7 – Detalhes na execução do ensaio de permeabilidade <i>in situ</i> com o Permeômetro <i>Guelph</i> – BHC BVT. | 99 |
| Figura 8 – Carta imagem da área de estudo (BHC BVT) - Mosaico das imagens Planet, 2022. | 105 |
| Figura 9 – Amostra da preparação dos materiais utilizados nas amostragens de água (frascarias, embalagens plásticas, pisetas, jarra, fixador de aparelhos e coletor com braço retrátil para coleta de água). | 108 |
| Figura 10 – Amostra dos equipamentos utilizados na realização das amostragens de água e ensaios <i>in situ</i> | 108 |
| Figura 11 – Amostras de água coletadas e armazenadas temporariamente em seus devidos recipientes. | 109 |
| Figura 12 – Ensaio <i>in loco</i> – análise pH. | 111 |
| Figura 13 – Planilha para cálculo do IQA, via Excel - Dados dos resultados laboratoriais do Ponto 8 da presente pesquisa. | 112 |
| Figura 14 – Amostragem e preparação das amostras de sedimentos fluviais para o envio ao laboratório: Geosol. | 114 |
| Figura 15 – Afloramentos do basalto da Formação Serra Geral – BHC BVT. À esquerda: Afloramento em talude de estrada. À direita: Cachoeira no baixo curso do C. Três Marcos. | 141 |
| Figura 16 – Amostras coletadas pro tradagem - Perfis em pontos das unidades RetCDL; RetCDLSG; e RetSG – BHC BVT. | 148 |
| Figura 17 – Materiais inconsolidados hidromórficos nas BHC BVT. A: Margem Córrego Desengano; B: Margem Córrego Três Marcos. | 149 |
| Figura 18 – Materiais Inconsolidados Residuais Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPESG) nas BHC BVT. Presença de grumos na coleta e torrões após secar. | 153 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19 – Amostras de materiais Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) nas BHCbVT. | 154 |
| Figura 20 – A esquerda plantio de soja e a direita plantios soja, milho agricultura em pivô – BHCbVT..... | 164 |
| Figura 21 – À esquerda: vista parcial da Estrada do Pau Furado; À direita: vista do entroncamento da BR 365 com o Anel Viário Ayrton Senna Setor Leste – BHCbVT..... | 167 |
| Figura 22 – Representação dos tipos de vegetação do bioma Cerrado. | 167 |
| Figura 23 – A: Vereda do córrego Três Marcos; B: Mata de Galeria associada a Vereda do córrego Três Marcos – BHCbVT..... | 168 |
| Figura 24 – Conselhos Comunitários de Desenvolvimento Rural Sustentável que abrangem a área das BHCbVT..... | 177 |
| Figura 25 – Confinamento de gado na bacia do córrego Pombo – Comunidade Olhos D’Água – BHCbVT..... | 183 |
| Figura 26 – À esquerda: Caçamba para armazenamento temporário de resíduos sólidos. À direita: Casinha para armazenamento de resíduos para reciclagem na venda Olhos D’Água – Comunidade Olhos D’Água – BHCbVT..... | 183 |
| Figura 27 – Situação do rego d’água antes e depois da limpeza realizada por produtores da Comunidade Olhos D’Água – BHCbVT..... | 184 |
| Figura 28 – Usinas de energia fotovoltaica. A: Vertente direita do córrego Tenda; B: Vertente direita do córrego Três Marcos – BHCbVT. | 185 |
| Figura 29 – Área de APP em fase de restauração em propriedade rural inserida na bacia do córrego Tenda – BHCbVT..... | 188 |
| Figura 30 – Instalação de cerca em APPs e Plantio de Mudas - A: Bacia do C. Pombo; B: Bacia do C. Boa Vista; C e D: Bacia C. Tenda; E: Bacia C. Boa Vista; F: Bacia C. Pombo – BHCbVT. | 189 |
| Figura 31 – Representação gráfica dos resultados de Arsênio (As) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas. | 215 |
| Figura 32 – Representação gráfica dos resultados de Cobre (Cu) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas. | 218 |
| Figura 33 – Representação gráfica dos resultados de Cromo (Cr) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas. | 220 |
| Figura 34 – Representação gráfica dos resultados de Níquel (Ni) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas. | 222 |

| | |
|---|-----|
| Figura 35 – Representação gráfica dos resultados de Zinco (Zn) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCBVT e leis correlatas. | 224 |
| Figura 36 – Usos da água para irrigação no plantio de diversos tipos de cultura – BHCBVT. | 230 |
| Figura 37 – Vista da mata de Cerradão (Ponto n.º 27) – Imagem 04/22 (à esquerda) e 09/23 (à direita) – BHCBVT. | 243 |
| Figura 38 – Vista da mata de Cerradão (Ponto n.º 5) – Imagem 04/22 (à esquerda) e 09/23 (à direita) – BHCBVT. | 243 |
| Figura 39 – Perfil geológico da área de influência do alto curso dos córregos que compõem as BHCBVT– Uberlândia-MG. | 258 |
| Figura 40 – Vista parcial de ruas alagadas no bairro Morumbi em 2011..... | 260 |
| Figura 41 – Vista parcial de ruas alagadas no bairro Morumbi em 2019 (a esquerda) e 2023 (a direita)..... | 260 |
| Figura 42 – Vista parcial do ambiente de nascentes difusas no alto curso do córrego Três Marcos – BHCBVT..... | 264 |
| Figura 43 – Voçoroca aterrada e depois cimentada – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCBVT..... | 266 |
| Figura 44 – A: Erosão em sulcos; B: Erosão aspectos de ravinamento – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCBVT..... | 267 |
| Figura 45 – A: Restos da cimentação da voçoroca rompida deixando amostra os resíduos da construção civil, pneus e matacões; B: Resíduos da construção civil (Postes de energia elétrica) – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCBVT..... | 268 |
| Figura 46 – Poço d’água formado em ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCBVT..... | 269 |
| Figura 47 – Voçoroca sendo aterrada com diversos resíduos sólidos, na margem direita do córrego Três Marcos, ao final de seu alto curso – BHCBVT..... | 274 |
| Figura 48 – Amostra de acesso livre do gado às APPs. A: Córrego Pombo; B: Córrego Desengano – BHCBVT. | 279 |
| Figura 49 – Sugestão de Planejamento Ambiental Conservacionista. | 294 |

LISTA DE FOTOS

| | |
|---|-----|
| Foto 1 – Primeiro passo: limpeza do local com enxada e tradagem com trado manual..... | 91 |
| Foto 2 – Segundo passo: coleta das amostras com armazenamento em sacos plásticos; Caderneta de campo para anotações diversas e identificação do ponto amostrado..... | 92 |
| Foto 3 – Terceiro passo: secagem das amostras ao ar livre e a sombra. | 92 |
| Foto 4 – Trado (à esquerda) e Permeâmetro Guelph (à direita) em área de pastagem. B: Ensaio de permeabilidade em área de plantio de chuchu – BHCbVT..... | 99 |
| Foto 5 – Amostra do relevo em área com declividades de 0% a 6% com altitudes entorno de 930 m (Solo preparado para cultura anual) – BHCbVT. | 137 |
| Foto 6 – Amostra do relevo em áreas com declividades de 6% a 12% - relevo suave ondulado a ondulado, com pastagens – BHCbVT..... | 137 |
| Foto 7 – Amostra do relevo em áreas com declividades maiores que 12% - relevo ondulado a fortemente ondulado, utilizado principalmente com pastagens e cobertura vegetal nativa – BHCbVT..... | 138 |
| Foto 8 – Materiais rudáceos da Cobertura detrítico-laterítica – BHCbVT..... | 141 |
| Foto 9 – Gnaisses do Grupo Araxá – BHCbVT. | 142 |
| Foto 10 – Linha de seixos - vertente direita do córrego Três Marcos – BHCbVT..... | 147 |
| Foto 11 – Hidromorfismo – Nascente (cabeceira) córrego Tenda – BHCbVT..... | 150 |
| Foto 12 – Materiais inconsolidados dos ResPECDL no interflúvio das bacias dos córregos Desengano e Pombo nas BHCbVT..... | 151 |
| Foto 13 – Materiais inconsolidados da unidade Residuais da Cobertura detrítico-laterítica nas BHCbVT..... | 152 |
| Foto 14 – Materiais Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA) nas BHCbVT..... | 155 |
| Foto 15 – Vista parcial da área urbana – BHCbVT..... | 165 |
| Foto 16 – Bacias de infiltração da água pluvial oriunda do bairro Morumbi. Margem direita da nascente do córrego Três Marcos – BHCbVT. 1: Bacias de retenção; 2: Bacia de retenção. .. | 165 |
| Foto 17 – Áreas de chácaras (Condomínio Chácaras Vitória) na bacia do córrego Tenda – BHCbVT..... | 166 |
| Foto 18 – Áreas de chácaras (Condomínio Golden Villhage) na bacia do córrego Boa Vista – BHCbVT..... | 166 |
| Foto 19 – Remanescentes do Cerrado Sentido Restrito - típico – BHCbVT..... | 169 |
| Foto 20 – Remanescentes da fitofisionomia Cerradão – BHCbVT..... | 169 |

| | |
|---|-----|
| Foto 21 – Matas secas (Semidecídua e Sempre-Verde) – BHC BVT..... | 170 |
| Foto 22 – Barramento no córrego Pombo – BHC BVT. | 170 |
| Foto 23 – Córrego Três Marcos em seu baixo curso – BHC BVT..... | 171 |
| Foto 24 – Hortaliça e bananal na bacia do córrego Tenda – BHC BVT. | 171 |
| Foto 25 – Barracão existente na bacia do córrego Boa Vista – BHC BVT..... | 172 |
| Foto 26 – Curreal existente na bacia do córrego Pombo – BHC BVT. | 172 |
| Foto 27 – Área de pastagem na vertente esquerda do córrego Desengano – BHC BVT. | 173 |
| Foto 28 – Área de pastagem (campo sujo) na vertente direita do córrego Pombo – BHC BVT. | 173 |
| Foto 29 – Eucalipto na vertente direita do córrego Desengano – BHC BVT. | 174 |
| Foto 30 – Vista frontal da Escola da Tenda na bacia hidrográfica do córrego Tenda - década de 1846. | 175 |
| Foto 31 – Representação da hortifruticultura nas BHC BVT em 2011 (Bananal à esquerda e chuchu à direita). | 176 |
| Foto 32 – Hortifruticultura (1:Bananal; 2: Hortaliças-Variadas; 3: Abóbora) nas vertentes do córrego Tenda – BHC BVT..... | 176 |
| Foto 33 – Plantação de banana na bacia do córrego Tenda - Comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT..... | 178 |
| Foto 34 – Plantação de chuchu na bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT..... | 179 |
| Foto 35 – Plantação de abacate na bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT..... | 179 |
| Foto 36 – Plantação de sorgo bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT..... | 180 |
| Foto 37 – Capela inserida em uma das propriedades existentes na bacia do córrego Tenda – BHC BVT..... | 181 |
| Foto 38 – Plantação de café na bacia do córrego Tenda na área da comunidade Olhos D’Água – BHC BVT..... | 181 |
| Foto 39 – Plantação de milho na bacia do córrego Tenda, proximidades com a BR365 – Comunidade Olhos D’Água – BHC BVT. | 182 |
| Foto 40 – Plantações de soja e milheto sendo irrigadas na bacia do córrego Pombo – Comunidade Olhos D’Água – BHC BVT. | 182 |
| Foto 41 – Áreas de pastagem na área da Comunidade Olhos D’Água – BHC BVT. | 183 |
| Foto 42 – Silos para armazenamento de grãos - Comunidade Olhos D’Água – BHC BVT... | 185 |

| | |
|--|-----|
| Foto 43 – Plantação de pepino na bacia do córrego Desengano – Comunidade Cruz Branca – BHC BVT..... | 186 |
| Foto 44 – Plantação de abobrinha na bacia do córrego Desengano – Comunidade Cruz Branca – BHC BVT..... | 186 |
| Foto 45 – Vista parcial das bacias de retenção/detenção da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi inseridas na margem direita da nascente do córrego Três Marcos – BHC BVT..... | 262 |
| Foto 46 – Bolsão do bairro Morumbi – BHC BVT..... | 262 |
| Foto 47 – Aspecto da água da primeira bacia que recebe as águas pluviais oriundas do bairro Morumbi: cor preta com espumas brancas e textura de lodo. | 263 |
| Foto 48 – Bacia de retenção/detenção – seta indica o rompimento dele com formação de erosão em sulcos – Margem direita C. Três Marcos – BHC BVT..... | 264 |
| Foto 49 – Voçoroca com água no seu interior – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHC BVT..... | 265 |
| Foto 50 – Vista parcial do rego d’água no ponto da travessia da BR 465 (Uberlândia – Patrocínio) – BHC BVT. | 270 |
| Foto 51 – Rego d’água assoreado/obstruído, na vertente esquerda do córrego Três Marcos - vista no sentido nascentes das cabeceiras desse córrego – BHC BVT..... | 271 |
| Foto 52 – Rego d’água assoreado/obstruído, na vertente esquerda do córrego Três Marcos - vista no sentido da foz do desse córrego – BHC BVT. | 271 |
| Foto 53 – Gado presente no entrono da 1º bacia de detenção/retenção, onde chega a drenagem pluvial, instalada na margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHC BVT..... | 272 |
| Foto 54 – Gado pastando no entorno e dentro de uma das bacias de detenção/retenção da drenagem pluvial na margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHC BVT..... | 273 |
| Foto 55 – Erosão laminar em plantação de milho na bacia do alto curso do córrego Desengano – BHC BVT..... | 274 |
| Foto 56 – Erosão em sulcos na agricultura em pivô na bacia do médio curso do córrego Pombo – BHC BVT..... | 275 |
| Foto 57 – Erosão em sulcos em área de pastagem na bacia do alto curso do córrego Tenda – BHC BVT..... | 275 |
| Foto 58 – Erosão em talude de barramento de corpo d’água na bacia do alto curso do córrego Tenda – BHC BVT..... | 276 |

| | |
|---|-----|
| Foto 59 – Resíduos sólidos (caixas de papelão e galões de defensivos agrícolas) na bacia do alto curso do córrego Três Marcos – BHCbVT..... | 276 |
| Foto 60 – Diversos tipos de resíduos sólidos (garrafas pet, tijolos, madeira, folhas, sacos plásticos, roupas, ferragem) na bacia do baixo curso do córrego Tenda – BHCbVT..... | 277 |
| Foto 61 – Área desprovida de terraceamento na vertente esquerda do córrego Três Marcos (bacia do alto curso) – BHCbVT. | 278 |

LISTA DE FLUXOGRAMAS

| | |
|--|-----|
| Fluxograma 1 – Estrutura organizacional da tese – Roteiro teórico-metodológico | 78 |
| Fluxograma 2 – Etapas do processamento metodológico para geração do mapa das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água (APNRCA) - BHCbVT. | 121 |
| Fluxograma 3 – Passos finais da quarta etapa da tese – Compreensão de problemas e riscos ambientais nas BHCbVT. | 124 |
| Fluxograma 4 – Fases do processamento metodológico para elaboração da apresentação dos cenários..... | 125 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1 – Climograma da cidade de Uberlândia-MG – representando as características climáticas das BHCVT (1994 a 2023). | 156 |
| Gráfico 2 – Representação dos resultados de Cor Aparente (mg Pt/l) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT – Limite da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022. | 194 |
| Gráfico 3 – Representação dos resultados de Turbidez (NTU) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT – Limite da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022. | 195 |
| Gráfico 4 – Representação dos resultados de Temperatura (°C), nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT. | 198 |
| Gráfico 5 – Representação dos resultados de Nitrogênio Total (mg/kg), nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT. | 198 |
| Gráfico 6 – Representação dos resultados de Sólidos Totais (mg/kg) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT. | 199 |
| Gráfico 7 – Representação dos resultados de Fósforo Total (mg/kg) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT - Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II. | 200 |
| Gráfico 8 – Representação dos resultados de Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT – Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II. | 201 |
| Gráfico 9 – Representação dos resultados de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT – Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II. | 202 |
| Gráfico 10 – Representação dos resultados do pH nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT– Limites da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08/2022. | 203 |
| Gráfico 11 – Representação dos resultados de Coliformes Totais (NMP/100 mL) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT– Limite da Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021: ausência em 100 mL. | 203 |
| Gráfico 12 – Representação dos resultados de Coliformes Termotolerantes nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT– DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II. | 205 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 13 – Representação dos resultados de <i>Escherichia coli</i> nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT– Limite da Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021. | 205 |
| Gráfico 14 – Representação do IQA nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT. . | 208 |
| Gráfico 15 – Representação dos resultados de Óxidos (%) na campanha de amostragem realizada em 04.08.22 nas BHCbVT. | 211 |
| Gráfico 16 – Representação dos resultados de Óxidos (%) na campanha de amostragem realizada em 01.03.2023 nas BHCbVT. | 212 |
| Gráfico 17 – Representação dos resultados dos ensaios de Cobalto (Co) – Amostras de sedimentos coletadas em 04/08/22 (Período de estiagem) nas BHCbVT..... | 216 |
| Gráfico 18 – Representação dos resultados dos ensaios de Cobalto (Co) – Amostras de sedimentos coletadas em 01/03/23 (Período chuvoso) nas BHCbVT. | 217 |
| Gráfico 19 – Representação dos usos de recursos hídricos nas BHCbVT – Cadastros Insignificantes..... | 228 |
| Gráfico 20 – Representação dos usos de recursos hídricos nas BHCbVT – Outorgas..... | 229 |
| Gráfico 21 – Comparação entre as classes de potencialidade ambiental à recarga dos cursos d’água nos Cenários Atual (2022) e Projetado das BHCbVT. | 256 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Frações granulométricas dos solos. | 94 |
| Tabela 2 – Frações areia em cinco classes. | 95 |
| Tabela 3 – Dados para o parâmetro α | 100 |
| Tabela 4 – Distribuição dos pesos/graus por classe para cada tipo de mapa utilizado para identificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água (APNRCA) dos cursos de água das BHCbVT. | 120 |
| Tabela 5 – Classificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga (APNRCA) de cursos de água das BHCbVT. | 122 |
| Tabela 6 – Distribuição dos pesos/graus para cada classe (reclassificada) do mapa Cobertura e Uso da Terra, com vista à identificação das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais e Projetadas das BHCbVT. | 127 |
| Tabela 7 – Classificação da hipsometria das BHCbVT. | 133 |
| Tabela 8 – Classificação da declividade das BHCbVT. | 135 |
| Tabela 9 – Classificação do Substrato Rochoso das BHCbVT. | 140 |
| Tabela 10 – Classificação dos Materiais Inconsolidados das BHCbVT. | 146 |
| Tabela 11 – Classificação do Nível de Água - NA das BHCbVT. | 157 |
| Tabela 12 – Classificação das Espessuras dos Materiais Inconsolidados das BHCbVT. | 160 |
| Tabela 13 – Classificação da cobertura e uso da terra das BHCbVT. | 162 |
| Tabela 14 – Limites mínimos e máximos de acordo com a legislação. | 192 |
| Tabela 15 – Correlação do grupo coliformes e <i>E. coli</i> (% de confirmação dentre os coliformes totais encontrados). | 206 |
| Tabela 16 – Correlação do grupo coliformes e <i>E. coli</i> (% de confirmação dentre os coliformes totais encontrados). | 206 |
| Tabela 17 – Usos de recursos hídricos registrados (cadastro uso insignificante e outorgas) na área estudada – BHCbVT. | 226 |
| Tabela 18 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT. | 231 |
| Tabela 19 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT. | 233 |
| Tabela 20 – Área ocupada pelas classes de Potencial Natural à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT. | 235 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 21 – Valores dos coeficientes de permeabilidade (k) encontrados nos diferentes tipos de usos do solo e classificação das classes de permeabilidade - Ensaio de infiltração da água com o Permeômetro <i>Guelph</i> – BHCbVT..... | 241 |
| Tabela 22 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT..... | 248 |
| Tabela 23 – Quantificação das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT – Cenário Atual (2022) e Cenário Projetado..... | 250 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGRI – Agricultura

AGRI-P – Agricultura em pivô

Al_2O_3 – Óxido de alumínio

ANA – Agência Nacional de Águas

APHA – *American Public Health Association*

APARCA-A – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água - Atuais

APARCA-P – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água - Projetadas

APNRCA – Áreas Potenciais Naturais à Recarga de Cursos de Água

APPs – Áreas de Preservação Permanente

As – Arsênio

BDMEP – banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

BDP – Bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial

BH – Bacia Hidrográfica

BHCBVT – Bacias Hidrográficas dos Córregos Boa Vista e Tenda

BR – BR/estradas/acessos pavimentados

CaO – Óxido de cálcio

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CERH/MG – Conselho Estadual de Recursos Hídricos/Minas Gerais

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CH – Chácaras

Cm – centímetro

cm/s – centímetro por segundo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Co – Cobalto

COPAM – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

COVID-19 – *(co)rona (vi)rus (d)isease* – Doença do coronavírus

CRAS – Centro de Referência de Assistência Social

CRP – Centro de Referência Profissionalizante

Cr – Cromo

Cu – Cobre

CVN – Cobertura Vegetal Nativa
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEC – Declividade
DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DN – Deliberação Normativa
DSG – Divisão do Serviço Geográfico (DSG)
EMI – Espessuras dos Materiais Inconsolidados
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA – Estação de Tratamento de Água
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
Fe₂O₃ – Óxido de ferro
GM/MS – Gabinete do Ministro / Ministério da Saúde
GPS *Global Positioning System*
GRASS *Geographic Resources Analysis Support System*
H – Hidromórficos
HORT – Hortifruticultura
IBC – Instituto Brasileiro do Café
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais
IEF – Instituto Estadual de Floresta
IG – Instituto de Geografia
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
IQA – Índice de Qualidade das Águas
Km – quilômetro
Km² – quilômetro quadrado
K₂O – Óxido de potássio
LACAR – Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto
LAMAM – Laboratório de Ensaios em Alimentos e Meio Ambiente
LAMAS – Laboratório de Manejo de Solos
LOI – *Loss on Ignition*
m – metro

MDE – Modelo Digital de Elevação
mg/kg – miligrama por quilograma
mg/L – miligramas por litro
MgO – Óxido de magnésio
mgO₂/L – miligramas de oxigênio molecular por litro
mg Pt/L – miligramas de platina por litro
MI – Materiais Inconsolidados
mL – mililitro
mm – milímetros
MnO – Óxido de manganês
MO – Matéria Orgânica
MOS.OCUP – Mosaico de ocupações
N – Nitrogênio
NA – Nível de Água
NAICA – Núcleo de Apoio Integral à Criança e ao Adolescente
NaOH – Hidróxido de Sódio
Na₂O – Óxido de sódio
Ni – Níquel
NMP – Número Mais Provável
NSF – *National Sanitation Foundation*
NTU – Unidades Nefelométricas
OCDE – Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OD – Oxigênio Dissolvido
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU – Organizações das Nações Unidas
P₂O₅ – Pentóxido de fósforo
PAST – Pastagem
PCUTRCA-A – Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Atual
PCUTRCA-P – Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada
PDECRCRCA – Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água
PDMIRCA – Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água
PEAC – Programa Escola Água Cidadã

pH – Potencial Hidrogeniônico

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

Pt/L – Platina por Litro

PUC – Minas Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

QGIS – *Quantum Geographic Information System*

ResCDL – Residuais da Cobertura detrítico-laterítica

ResGA – Residuais do Grupo Araxá

ResPECDL – Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica

ResPEGA – Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá

ResPESG – Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral

ResSG – Residuais da Formação Serra Geral

RetCDL – Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica

RetCDLSG – Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral

RetSG – Retrabalhados da Formação Serra Geral

RL – Reserva Legal

RPM – Rotações por minuto

SEMIL – Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística

SEPLAN – Secretaria de Planejamento Urbano

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Estadual

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental

SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SILV – Silvicultura

SiO₂ – Dióxido de silício

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SPD – Sistema de Plantio Direto

SPT – *Standard Penetration Test* (Sondagens de Simples Reconhecimento)

SR – Substrato Rochoso

TiO₂ – Dióxido de titânio

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

UAI – Unidades de Atendimento Integrado

UBSF – Unidades Básica de Saúde da Família

UFC/mL – Unidades Formadoras de Colônias por mililitro

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

UGI – União Geográfica Internacional

URBAN – Área urbanizada

UTM – *Universal Transversa de Mercator*

X – não se tem padrão legal para esta variável

Zn – Zinco

% – Porcentagem

°C – Graus Celsius

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|---|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 34 |
| 1.1 | Objetivos da pesquisa | 36 |
| 1.2 | Localização e acesso a área: Bacias Hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda, em Uberlândia-MG..... | 38 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL..... | 40 |
| 2.1 | Paisagem e Análise Integrada: abordagens nos estudos em bacias hidrográficas | 40 |
| 2.2 | Fragilidade e Vulnerabilidade Ambiental: ferramentas de diagnose da paisagem | 46 |
| 2.3 | Segurança e Escassez Hídrica..... | 49 |
| 2.3.1 | Águas superficiais e sedimentos fluviais: Parâmetros de qualidade..... | 52 |
| 2.4 | Riscos: conceitos, classificação e aplicações | 64 |
| 2.5 | Planejamento ambiental – base para o planejamento territorial..... | 67 |
| 3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS..... | 73 |
| 3.1 | Abordagem metodológica | 73 |
| 3.2 | Trabalhos de campo e gabinete | 79 |
| 3.3 | Ensaio in situ..... | 82 |
| 3.4 | Materiais, softwares e arquivos digitais | 83 |
| 3.5 | Procedimentos operacionais | 84 |
| 3.5.1 | Primeira Etapa – Nível Compilatório (Organização)..... | 84 |
| <i>3.5.1.1</i> | <i>Revisão Bibliográfica</i> | <i>84</i> |
| <i>3.5.1.2</i> | <i>Base Cartográfica e Delimitação da Área de Estudo</i> | <i>85</i> |
| 3.5.2 | Segunda Etapa – Nível correlatório (Inventário / Análises)..... | 88 |
| <i>3.5.2.1</i> | <i>Levantamento dos componentes da paisagem das BHCBVT.....</i> | <i>88</i> |
| 3.5.3 | Terceira Etapa – Nível Semântico (Diagnóstico)..... | 117 |
| <i>3.5.3.1</i> | <i>Caracterização dos componentes da paisagem.....</i> | <i>117</i> |
| <i>3.5.3.2</i> | <i>Verificação das condições ambientais dos recursos hídricos</i> | <i>117</i> |
| <i>3.5.3.3</i> | <i>Processo de distinção de Potencialidades Naturais à Recarga de Cursos de Água.....</i> | <i>117</i> |
| 3.5.4 | Quarta Etapa – Nível Normativo (Prognóstico / Propositiva)..... | 124 |
| <i>3.5.4.1</i> | <i>Processo de identificação das Potencialidades Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Cenários Atual e Projetado.....</i> | <i>125</i> |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.5.4.2 | <i>Identificação de riscos e problemas ambientais.....</i> | 130 |
| 3.5.4.3 | <i>Definição de proposições para um cenário ideal.....</i> | 131 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 132 |
| 4.1 | Características Naturais e Antrópicas da Paisagem das BHCbVT..... | 132 |
| 4.1.1 | Aspectos do relevo..... | 132 |
| 4.1.2 | Substrato Rochoso e Materiais Inconsolidados das BHCbVT..... | 138 |
| 4.1.3 | Condições climáticas..... | 155 |
| 4.1.4 | Nível de Água | 156 |
| 4.1.5 | Espessuras dos Materiais Inconsolidados..... | 159 |
| 4.1.6 | Cobertura e uso da terra das BHCbVT | 162 |
| 4.1.7 | Breve histórico de ocupação das BHCbVT | 174 |
| 4.1.8 | Aspectos socioprodutivos, culturais e serviços públicos básicos nas BHCbVT..... | 176 |
| 4.2 | Análise das condições ambientais de recursos hídricos das BHCbVT | 189 |
| 4.2.1 | Avaliação da Qualidade da Água Superficiais das BHCbVT: variáveis físico-químicas e microbiológicas | 192 |
| 4.2.2 | Avaliação da Qualidade dos Sedimentos Fluviais das BHCbVT: variáveis óxidos e metais pesados | 209 |
| 4.2.3 | Usos múltiplos da água nas BHCbVT | 225 |
| 4.3 | Potencialidades naturais à recarga dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCbVT)..... | 231 |
| 4.3.1 | Potencialidade de variáveis naturais à recarga dos cursos d'água | 231 |
| 4.3.2 | Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'água – BHCbVT..... | 235 |
| 4.4 | Cenários ambientais das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda - BHCbVT | 239 |
| 4.4.1 | Infiltração da água no solo na área das BHCbVT | 239 |
| 4.4.2 | Cenários Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCbVT)..... | 245 |
| 4.4.2.1 | <i>Potencialidade da cobertura e uso da terra à recarga dos cursos d'água.....</i> | 245 |
| 4.4.2.2 | <i>Cenários Ambientais (atual e projetado) das BHCbVT – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos d'água</i> | 249 |
| 4.5 | Riscos e problemas ambientais nas bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCbVT)..... | 259 |
| 5 | PROPOSIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL | 281 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.1 | Indicações de medidas e ações para as BHCBVT na perspectiva de um cenário ideal | 281 |
| 5.2 | Sugestão de Planejamento Ambiental Conservacionista para bacias hidrográficas | 293 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 297 |
| | REFERÊNCIAS..... | 303 |
| | APÊNDICE A – Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais (Campanhas/Legislação)..... | 330 |
| | APÊNDICE B – Resultados dos óxidos nos ensaios em sedimentos fluviais (Campanhas/Legislação)..... | 333 |
| | APÊNDICE C – Resultados da concentração de metais pesados nos ensaios em sedimentos fluviais (Campanhas/Legislação)..... | 334 |
| | APÊNDICE D – Resultados das análises granulométricas dos pontos amostrados nas BHCBVT | 340 |
| | ANEXO A – Ficha de Campo | 344 |
| | ANEXO B – Métodos de Recomposição da Vegetação Nativa | 346 |
| | ANEXO C – Macrozoneamento do Município de Uberlândia - 2020..... | 348 |

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as interferências antrópicas no meio físico têm ganhado maior exposição, resultando em uma crescente preocupação com o sistema ambiental. Regiões do mundo e do Brasil vêm vivenciando alterações nos componentes naturais, modificando a paisagem e podendo comprometer a disponibilidade de água e a funcionalidade do meio ambiente, além de alterar o equilíbrio dinâmico.

As alterações nos componentes naturais, em decorrência da cobertura e uso da terra e de outras ações antrópicas, destacam a necessidade de compreender o ambiente de forma integrada, principalmente em se tratando daquelas que interferem direta ou indiretamente na disponibilidade hídrica. Nesse contexto, a realização de estudos que abordem análises integradas dos componentes do meio físico-ambiental com uma visão sistêmica, que incluam o levantamento das potencialidades e limitações paisagísticas, é essencial para o entendimento da relação entre as ações antrópicas e os aspectos naturais da paisagem.

Segundo Ross (2006), salvo em algumas regiões da Terra, os ambientes naturais apresentavam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas iniciaram as intervenções no meio ambiente, intensificando a exploração dos recursos naturais. Conforme o raciocínio do mencionado autor, entende-se que as alterações antrópicas feitas nos diferentes componentes naturais do ambiente resultam no comprometimento da disponibilidade de água, o que pode causar sérias consequências para o meio ambiente, interferindo diretamente na segurança hídrica.

Para Tucci e Chagas (2017), a segurança hídrica refere-se às situações de seca e inundações, ao acesso à água potável, à segurança alimentar e à sustentabilidade ambiental. Diante dos vários conceitos de “segurança hídrica” construídos ao longo do tempo, como o exposto em Melo e Johnsson (2017), compreende-se que esse termo envolve o uso sustentável e a proteção dos sistemas hídricos para garantir água com qualidade, quantidade e disponibilidade adequadas para os diferentes usos, de acordo com a demanda.

Apesar da população planetária ser munida de notícias a respeito das consequências oriundas de ações antrópicas que causam problemas ambientais irreversíveis, como a escassez hídrica (falta de qualidade ou quantidade de água), ainda persiste um modelo de uso e ocupação da terra, que desconsidera a capacidade de suporte da própria natureza. No município de Uberlândia-MG, essa situação não é muito diferente.

Neste município, a questão ambiental tem sido tratada de forma desarticulada, especialmente em relação às áreas periurbanas. Na maioria das vezes, os problemas são identificados, mas as soluções adiadas, seguindo um modelo corretivo em vez de preventivo. Notam-se mudanças ambientais com alterações significativas na paisagem, bem como a exploração desmedida de recursos naturais, afetando diretamente os recursos hídricos devido a várias ações antrópicas inadequadas à preservação desse bem comum. Assim, os sistemas antrópicos se sobrepõem aos sistemas naturais por meio da apropriação dos espaços pela força produtiva do homem.

Problemas gerados por esse modelo de uso e ocupação das terras neste município, sobretudo relacionados com a ocupação pretérita de áreas que hoje estão em diferentes estágios de degradação, evidenciam a necessidade de implantação de estratégias de planejamento e gestão para conservar e preservar os recursos hídricos.

Diante disso, a área de estudo escolhida para a aplicação do procedimento metodológico desta pesquisa é composta pelas bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda. Considera-se que a bacia hidrográfica é uma unidade de análise adequada para avaliar as relações e interações sistêmicas dos aspectos físico-naturais e socioambientais e suas consequências sobre o equilíbrio dinâmico, conforme destaca Botelho e Silva (2004). A área da pesquisa é referida na presente tese com a sigla “BHCBVT”.

A área de estudo é uma porção do município de Uberlândia onde, historicamente, estão inseridas propriedades rurais em sistema de agricultura familiar, formando um importante “cinturão verde” responsável pela produção de hortifruticulturas destinadas ao município e região. Observa-se, de um lado, o avanço acelerado da urbanização em direção às áreas de cabeceiras dos seus córregos e, de outro, áreas onde se desenvolvem atividades produtivas que dependem diretamente dos recursos hídricos.

Embora relevantes, os estudos de compreensão da área de estudo existentes são mais generalizados, restringindo-os a uma região maior e em escala pequena. Geralmente, são utilizados para análises ambientais e proposições de sustentabilidade, sem detalhar as particularidades das áreas a serem ocupadas pela urbanização. Esses estudos não levantam as especificidades das áreas adjacentes ao local de implantação de diversas atividades e ações antrópicas. Como o exemplo das bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial instaladas na cabeceira do córrego Três Marcos, que integra a bacia hidrográfica do Boa Vista. Em algumas dessas bacias há extravasamento de água em alguns pontos e processos erosivos, o que pode estar impactando a qualidade do recurso hídrico receptor.

A falta de dados sobre a identificação de potencialidades e limitações dos componentes físico-ambientais e dos riscos gerados pela ocupação desordenada dificulta o reconhecimento e a compreensão das inter-relações dos elementos da paisagem, o que resulta em lacunas a respeito das especificidades desses componentes. Assim, sem a compreensão das particularidades dos componentes da paisagem da área em estudo, a cidade de Uberlândia se projeta para ocupar uma grande parcela das nascentes dos cursos d'água que a compõem.

A hipótese que orienta esta pesquisa é a de que os recursos hídricos da área de estudo estão comprometidos com a escassez hídrica devido à configuração de uso e ocupação de suas terras. Portanto, uma avaliação que contemple as peculiaridades dos componentes da paisagem, pautada em suas potencialidades em relação à recarga de cursos d'água em escala detalhada, constitui uma contribuição para a tomada de decisões (públicas e privadas) visando uma nova forma de planejar e gerir o território.

Para que isso seja exequível, é necessário analisar a adequabilidade entre os componentes da paisagem e os modos de uso e ocupação das terras, compreendendo a relação sociedade e natureza. Com isso, foi preciso considerar os desdobramentos futuros do ambiente da área da presente pesquisa, com vista ao planejamento ambiental. Surgiram, assim, alguns questionamentos quanto ao estudo: Quais são os componentes naturais e antrópicos que configuram a paisagem das BHCBVT? Como estão as condições ambientais dos recursos hídricos das BHCBVT? Quais são as potencialidades naturais e ambientais da área de estudo em vista à recarga dos cursos d'água? Qual é a configuração dos cenários de uso e ocupação das terras das BHCBVT? Quais são os riscos ambientais na área de estudo?

1.1 Objetivos da pesquisa

Frente ao panorama apresentado, o objetivo geral da tese foi analisar a paisagem das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda para identificar áreas com potencial de recarga hídrica e fornecer contribuições para o planejamento e a gestão ambiental do território e visando à conservação dos recursos hídricos dessas bacias e áreas análogas. Para atingir esse objetivo, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar os componentes ambientais da paisagem das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT), a partir de atributos e propriedades do meio físico e aspectos antrópicos;

- ✓ Verificar as condições ambientais dos recursos hídricos da área de estudo por meio de avaliação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais, e do levantamento dos usos da água;
- ✓ Mapear a potencialidade natural à recarga dos cursos d'água das BHCBVT;
- ✓ Apresentar os cenários ambientais das BHCBVT frente ao uso da terra atual e projetado, mapeando a potencialidade ambiental à recarga dos cursos d'água, bem como mostrar os coeficientes de permeabilidade encontrados no cenário atual;
- ✓ Compreender os riscos e problemas ambientais da área de estudo, considerando os componentes ambientais da paisagem, a potencialidade ambiental de recarga dos cursos d'água, as condições ambientais dos recursos hídricos e a permeabilidade dos materiais inconsolidados;
- ✓ Indicar diretrizes para o planejamento ambiental das BHCBVT, visando à segurança hídrica.

Nesse contexto, realiza-se o presente estudo em escala grande, com a elaboração de documentação cartográfica em escala espacial de 1:25.000 e impressão na escala 1:50.000. Essa documentação constitui uma importante ferramenta para o planejamento ambiental da área de estudo, visando adequar as formas de uso e ocupação do meio físico em respeito aos seus potenciais e às suas limitações. Para isso, é imprescindível o levantamento e a produção de informações que retratem as variações e limitações do meio, tanto qualitativa quanto quantitativamente. Além disso, é fundamental elaborar documentos que fornecem informações fundamentais para subsidiar órgãos públicos e privados de planejamento ambiental, contribuindo para a elaboração e aplicação de estratégias voltadas para o uso adequado das terras, em favor da conservação e preservação dos recursos naturais.

No contexto estrutural, a tese está organizada em introdução, a qual apresenta o tema da pesquisa, a área de estudo, o levantamento do problema e questões norteadoras, a hipótese, o objetivo geral e os específicos, bem como a estrutura do documento. Após a introdução, são apresentados quatro capítulos, seguidos pelas considerações finais e referências bibliográficas.

Dando continuidade à estrutura do trabalho, o Capítulo 2 corresponde ao referencial teórico-conceitual da tese, fundamentado em autores tradicionais e contemporâneos. Esse capítulo aborda temas como Análise Sistêmica, Paisagem, Bacia Hidrográfica, Fragilidades Ambientais e Vulnerabilidades, Segurança e Escassez Hídrica, Riscos e Planejamento Ambiental. Nesse sentido, são discutidas questões que orientam as escolhas metodológicas e procedimentais para a construção da tese e a obtenção dos resultados esperados.

O Capítulo 3 aborda os procedimentos metodológicos, detalhando a abordagem teórico-metodológica e os desdobramentos técnico-metodológicos necessários para a construção de cada etapa da pesquisa. Neste capítulo, são descritos detalhadamente os procedimentos operacionais, o fluxograma das etapas contempladas, os materiais, *softwares* e arquivos utilizados, além de apresentar a esquematização dos levantamentos em forma de figuras, quadros e tabelas.

No Capítulo 4, são apresentados os resultados e a discussão. Primeiramente, foi apresentada a caracterização dos componentes físico-geográficos e ambientais da paisagem da área de estudo, por meio de descrição textual e mapeamento de seus componentes. Alguns dos mapas foram utilizados para sobreposição, resultando na avaliação da potencialidade e das limitações dos aspectos ambientais. Em seguida, são apresentadas as condições ambientais dos recursos hídricos das BHCbVT, bem como as potencialidades naturais e dos cenários dos potenciais ambientais à recarga de cursos d'água. O capítulo também aborda a compreensão de riscos e problemas ambientais existentes nas BHCbVT.

No Capítulo 5, são apresentadas as proposições de medidas e ações a serem implementadas nas BHCbVT, com vista a um cenário ideal, além de sugestões para um planejamento ambiental conservacionista.

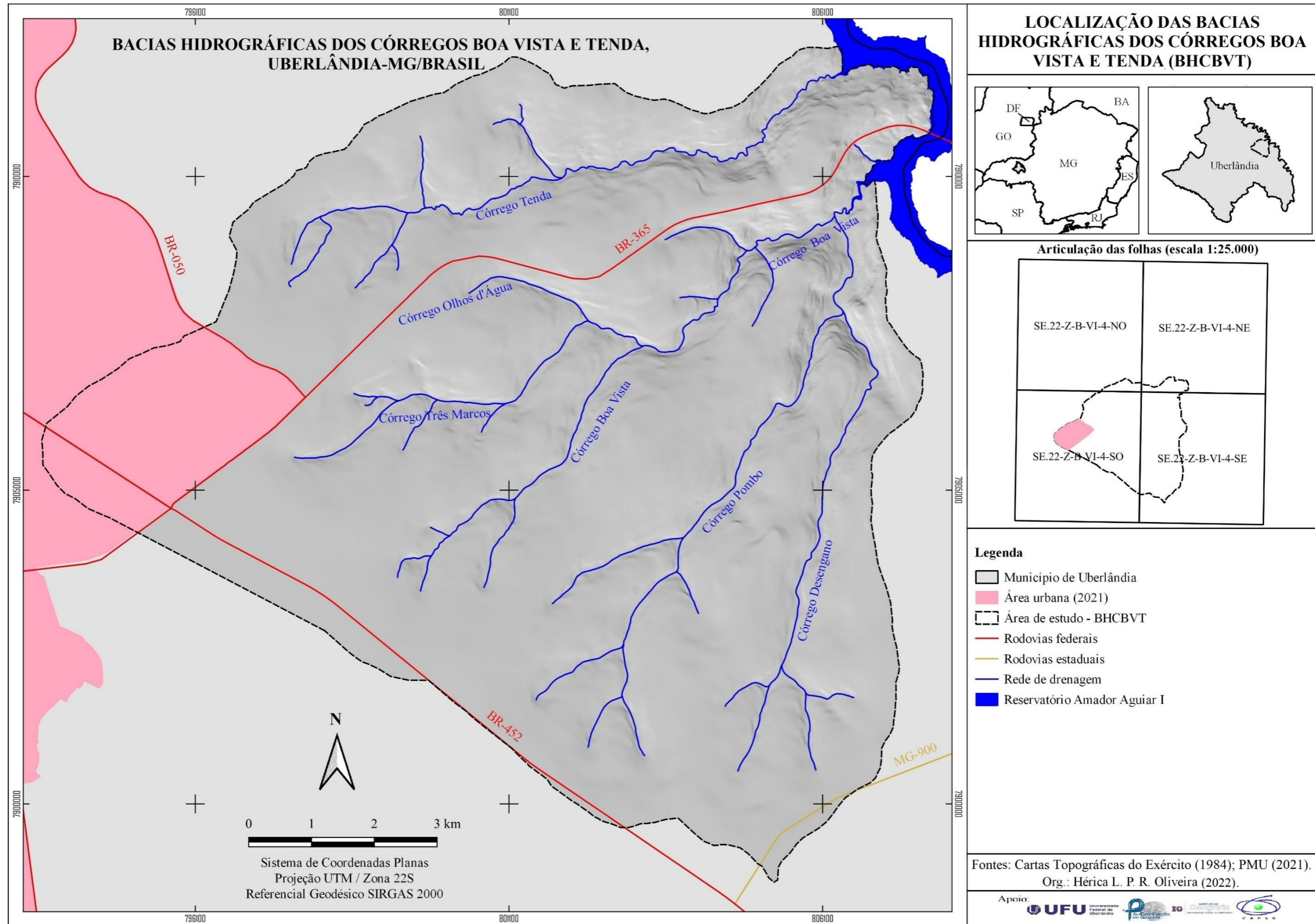
Por fim, são apresentadas as considerações finais e, ao término do documento, encontram-se as referências bibliográficas.

1.2 Localização e acesso a área: Bacias Hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda, em Uberlândia-MG

A área de estudo está localizada no setor leste do município de Uberlândia-MG, nas Coordenadas UTM de 7773923m a 797869m Leste e 7897330m a 7915073m Norte, Fuso 22 Sul, no Sistema de Referência Geodésica SIRGAS 2000. Ela abrange as bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda, totalizando 116,99 km², e inclui ambientes urbano e rural (Mapa 1). A área é atravessada pelas rodovias BR-365, na direção Nordeste-Sudoeste, e BR-452, na direção aproximada Norte-Sul, que proporcionam acesso à área de estudo.

A BR-452 interliga o município de Uberlândia-MG à capital mineira, Belo Horizonte, destacando a cidade por sua localização estratégica e pela extensa malha rodoviária que permite ligação com os grandes centros nacionais como São Paulo, Rio de Janeiro, Goiânia e Brasília.

Mapa 1 – Localização da área de estudo: Bacias Hidrográficas dos Córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT).



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

2 REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

2.1 Paisagem e Análise Integrada: abordagens nos estudos em bacias hidrográficas

O termo “paisagem” recebeu diversos significados ao longo dos séculos. Os geógrafos físicos a consideraram sob uma perspectiva, enquanto cientistas de outras áreas do conhecimento tendem a considerá-la segundo suas próprias concepções filosóficas. Entretanto nota-se uma consonância entre os pesquisadores, em ênfases de que a paisagem representa a síntese de processos e acumulações de caráter transtemporal.

As primeiras noções de paisagem surgiram nas concepções de Humboldt (escola alemã), denominada *Landschaft*. Posteriormente foi ampliada por Dokuchaev e Passarge e Berg no final do século XIX e início XX. Segundo Rodriguez e Silva (2002), entendiam a paisagem como sendo a interação entre os componentes naturais (solo, relevo, água, clima, rocha e vegetação).

No final do século XIX, La Blache (escola francesa), opositor do alemão Ratzel (determinismo geográfico), realizou uma análise descritiva das paisagens. Nessa mesma época Dokuchaev (escola russo-soviética) desenvolveu a denominada “Ciência da Paisagem” - *Landschaftovedenie* – que privilegiava os aspectos naturais e preconizando os estudos sistêmicos (Amorim, 2012). Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022), mencionam que a concepção de Dokuchaev envolve a interação dos componentes naturais (bióticos e abióticos) dentro do complexo integrador.

Na União Soviética, e posteriormente em outros países do mundo socialista foi desenvolvida a concepção da paisagem dialética de base natural, com o uso do

Marxismo Lenismo como doutrina oficial que privilegiava a análise dialética das totalidades e das interações dos fenômenos e a necessidade da construção socialista sustentada no planejamento centralizado, que precisava do conhecimento das unidades naturais integradas, para serem transformadas e dominadas (Rodriguez; Silva, 2002, p. 96).

Rodriguez e Silva (2002), mencionam ainda que a Biologia traz a Ecologia como disciplina biológica, na qual aborda-se outra visão da natureza com atenção voltada aos estudos das relações entre os organismos e as condições do meio natural.

Retornando ao histórico, século XX, mais especificamente em 1935, aparece o conceito de ecossistema enfatizando o estudo do funcionamento dos sistemas ecológicos, das trocas de energia e matéria entre os componentes naturais e os organismos. Nos anos 60, Sotchava (Escola Russa) busca elaborar a Teoria dos Geossistemas, utilizando a teoria sobre paisagens.

Com isso, considerou a paisagem como uma formação sistêmica, interpretando-a sob uma visão da Teoria Geral de Sistema. Tal formação é constituída pelos atributos: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação (Rodriguez; Silva 2002).

A Teoria Geral dos Sistemas (TGS) surge no século XX, preconizada pelo biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy, na qual ele afirmava que os sistemas são conjuntos de elementos que se relacionam entre si, de modo a formar um todo organizado, procurando alcançar um objetivo (Bertalanffy, 1975).

Compreende-se que a TGS foi ganhando evolução com os trabalhos de Tricart (1977), Bertrand (1968, 1972, 1978), Sotchava (1977), Christofolletti (1971, 1978, 1979, 1981), entre outros, os quais adotaram essa teoria para estudar também os processos naturais em bacias hidrográficas. Para o estudo dos processos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos, o autor Riou em 1990, destaca a relevância da adoção da TGS em sua pesquisa (Soares, 2008).

A abordagem sistêmica emana do princípio da constante dinâmica, em que cada variável oferece modificações nos demais elementos presentes na paisagem e suas dependências são mútuas (Tricart, 1977; Santos; Ross, 2012). Esta abordagem envolve o entendimento dos processos que ocorreram no passado, com informações relevantes para prognosticar o futuro, com base das relações entre as variáveis existentes na área, sendo essas indispensáveis para mostrar os processos atuais, o que pode subsidiar intervenções no meio ambiente.

A constante dinâmica que ocorre nos sistemas ambientais é também exemplificada pelo conceito de abordagem sistêmica contido na obra de Tricart (1977), em seu livro “Ecodinâmica”, que define o sistema como:

[...] um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos. Como consequência, o sistema apresenta propriedades que lhe são inerentes e diferem da soma das propriedades dos seus componentes. Uma delas é ter dinâmica própria, específica do sistema (Tricart, 1977, p. 19).

Desse modo, a TGS contribuiu para a evolução da ciência geográfica, especialmente para a Geografia Física, a partir da proposição de suas ideias e aplicações que têm avanço das técnicas empregada para os estudos que visam à análise integrada da paisagem, permitindo a conexão da complexidade das ações antrópicas e das variáveis naturais e ambientais nos estudos da paisagem, pois os estudos ambientais em Geografia Física eram, até a inserção da TGS, realizados de forma setORIZADA (Lopes; Silva; Goulart, 2015).

Retornando a cronologia dos estudos da paisagem, segundo as menções de Rodriguez e Silva (2002), Karl Ritter surge com as concepções corológicas e regionais, onde a ação humana

é considerada como elemento essencial na formação dos sistemas terrestre e não a natureza. Para os mesmos autores citados, La Blache considerava o homem como agente principal de modelação do nosso planeta onde a natureza servia como base para modelagem frente a cultura da sociedade. A visão de La Blache entrou em conflito com a de Carl Sauer (anos 20 do Século XX), que considerava na formação da paisagem o seguinte: a cultura é o agente, a paisagem natural é o meio e a paisagem cultural o resultado.

Segundo Rodriguez e Silva (2002), em 1960, existiam a Geografia Física em duas vertentes (uma estudava os componentes da natureza isolados e a outra as paisagens como totalidade parciais, desconsiderando as interações com a sociedade humana) e a Geografia Econômica e Humana (considerada como recurso e fonte de progresso). Contudo, para o enfrentamento à análise ambiental foi desenvolvido, primeiramente a Ecologia Biológica e em seguida dá-se origem a Ecologia das Paisagens, na qual a paisagem é a expressão espacial dos ecossistemas.

Nos anos 80 – século XX – já existiam a Ecogeografia e Geoecologia, sendo que a primeira foi desenvolvida pela escola de Jean Tricart, na qual

as unidades ecodinâmicas foram consideradas por essa linha de pensamento como sistemas ambientais por excelência, fundamentados no relevo e na Geomorfologia como sendo estes o embasamento essencial. Esqueceu-se assim a totalidade natural, privilegiando-se uma análise parcial (Rodriguez; Silva, 2002, p. 97).

A Geoecologia das Paisagens foi proposta por Karl Troll nos anos 30 – século XX – que se centraliza no estudo dos aspectos espaço-funcionais. Propôs-se assim, não estudar somente as propriedades dos geossistemas no estado natural, mas estudar as interações e relações objeto-sujeito, ou seja, procurar avaliar as interações e relações dos sistemas sociais e culturais com os naturais, numa dimensão socioecológica (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022; Rodriguez; Silva, 2002). Entende-se assim, que a paisagem é a interface da Natureza com a Sociedade, considerada como espaços geográficos transformados pela sociedade para habitar e desenvolver suas atividades de produção.

O Quadro 1 apresenta de forma sucinta a gênese da “Ciência da Paisagem” definida, em 1983, pela União Geográfica Internacional (UGI) como disciplina que estuda a paisagem e percorreu algumas etapas ao longo do tempo.

Quadro 1 – Etapas históricas dos estudos científicos a respeito da paisagem.

| Período | Concepções | Princípios |
|-------------------------|--|--|
| 1850 – 1920 | Gênese | Surgimento das primeiras ideias físico-geográficas acerca da interação dos fenômenos naturais e das primeiras formulações científicas da paisagem. |
| 1920 – 1930 | Desenvolvimento biogeomorfológico | Desenvolvimento da interação entre os componentes da paisagem pela influência de outras ciências. |
| 1930 – 1955 | Estabelecimento da concepção físico-geográfica | Diferenciação das paisagens em pequena escala e a instituição da noção de zonalidade e regionalização. |
| 1955 – 1970 | Análise estrutural-morfológica | Análise de questões de nível regional e local e proposições direcionadas à taxonomia, classificação e cartografia. |
| 1970 – até a atualidade | Análise funcional | Introdução dos métodos sistêmicos e quantitativos, bem como o desenvolvimento da Ecologia da Paisagem. |
| 1985 – até a atualidade | Integração geocológica | Instauração da inter-relação dos aspectos estrutural-espacial e dinâmico-funcional das paisagens e integração direcionada cientificamente como Geoecologia ou Ecogeografia das concepções geográficas e biológicas sobre as paisagens. |

Fonte: Adaptado de Rougerie e Beroutchatchvili (1991 *apud* Rodriguez; Silva, Cavalcanti, 2022). Org.: A autora (2021).

Na obra de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) há menção dos enfoques analíticos usados para estudar as características das paisagens, os quais abrangem os enfoques estrutural, funcional, evolutivo-dinâmico, histórico-antropogênico e integrativo da estabilidade e sustentabilidade da paisagem:

a análise estrutural consiste em explicar como se combinam os seus componentes para dar lugar às formações integrais e como é a organização estrutural do sistema paisagístico (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022, p. 112).

O enfoque funcional na análise da paisagem tem por finalidade esclarecer como ela está estruturada, ou seja, quais são as relações funcionais de seus elementos, por que está estruturada de determinada maneira (relações genéticas ou casuais) e para que está estruturada de certa forma (quais são suas funções naturais e sociais) (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022, p. 125).

A paisagem, como qualquer sistema material é propícia a mudanças. O enfoque evolutivo-dinâmico consiste em esclarecer as leis e regularidades do desenvolvimento do território (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022, p. 143).

O estudo da história antropogênica da formação das paisagens atuais é importante, pois os resultados da utilização econômica superpõem-se e inscrevem-se na memória dos geossistemas, determinando em grande parte propriedades relevantes para o homem, como o caráter estável dos processos antropo-naturais, os problemas ecológicos que surgem na assimilação, ocupação e apropriação dos geossistemas e as vias de sua solução. A história da formação das paisagens atuais permite avaliar a reversibilidade das mesmas e as chaves para o prognóstico geográfico. O enfoque antropogênico no estudo das paisagens dedica-se basicamente a estudar os problemas de modificação e transformação das paisagens, sua classificação e características, os

impactos geocológicos e a dinâmica antrópica das paisagens (Rodríguez; Silva; Cavalcanti, 2022, p. 155).

A concepção de estabilidade constitui um procedimento útil para dirigir de forma racional a utilização da Natureza, permitindo determinar o limite dos desvios indesejáveis e as condições normais da vida do homem e da reprodução de recursos. A sustentabilidade das paisagens é um atributo sintético, ainda mais abrangente, que incorpora dois conceitos de estabilidade e solidez, tendo a ver com a capacidade de manutenção e asseguramento do poder da paisagem cumprir determinadas funções sociais. Neste sentido, é uma noção de inestimável valor na hora de determinar as características e os indicadores do modelo e estilo de desenvolvimento implantado ou desejável (Rodríguez; Silva; Cavalcanti, 2022, p. 183).

Nesse contexto, nota-se que a paisagem, objeto da investigação geográfica, pode ser analisada de diferentes maneiras. Todavia parece-nos existir um consenso entre os pesquisadores, o de que paisagem representa a síntese de processos, acumulações, o que lhe confere um caráter transtemporal.

Aziz Nacib Ab'Saber, em 2003, esclarece-nos muito bem a importância que essa característica possui, em especial para quem se propõem ao desafio de se estudar a natureza.

Todos que se iniciam no conhecimento das ciências da natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades. Num primeiro nível de abordagem, poder-se-ia dizer que as paisagens têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente [...] (Ab'Saber, 2003, p. 9).

Para Barreiros (2017), a paisagem é um objeto concreto, que está distribuído sobre a superfície da Terra e em evolução constante, e por isso, é uma herança de processos e relações antigas retrabalhadas por fenômenos recentes (eventos naturais e história humana). É constituída por matéria, energia e comunicação, que tem relação com seus constituintes naturais e sociais, sendo que a organização destes elementos é feita em distintos níveis de escalares, do planetário e simples ao local e complexo.

Assim, não só a natureza, mas o homem também se tornou um agente modificador, na medida em que, durante os processos de evolução, conseguiu transformar o espaço natural em espaço geográfico, produzindo e criando paisagens. Considerada em ponto determinado no tempo, uma paisagem representa diferentes momentos do desenvolvimento de uma sociedade.

A paisagem tornou-se categoria de análise geográfica, elevando a qualidade das pesquisas ambientais e auxiliando na identificação das fragilidades ambientais de bacias hidrográficas. Além disso, contribui à formulação de propostas que olhem para a conservação e recuperação dos recursos naturais. Ela se apresenta de diversas formas, as quais indicam as

dinamicidades natural e/ou antrópica, e assim, apresenta a diversificação de trocas de matéria e energia, alterando as relações sociedade/natureza e socioeconômicas do lugar.

As ações antrópicas tem alterado constantemente a paisagem e são cada vez mais agressivas às fragilidades da natureza, desconsiderando a interação entre todos os componentes. Com isso, nota-se a necessidade de se abordar a paisagem de maneira sistêmica, pois esta integra componentes antrópicos e físico-naturais que guiam às explicações da real condição do sistema (Tricart, 1977; Sotchava, 1977).

Nesta concepção, a bacia hidrográfica (BH) é entendida como uma unidade sistêmica para análise da dinâmica da paisagem, almejando a conservação dos recursos hídricos, e demais componentes deste sistema natural. Christofolletti (1979; 1980) classifica uma BH como um sistema aberto, não isolado, onde ocorre troca constante de energia e matéria com outros sistemas, apresentando-se como um sistema natural bem delimitado no espaço. Espaço este, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água ou por um sistema fluvial (Christofolletti, 1980; Finkler, 2021). Em Christofolletti (1999)

As bacias hidrográficas surgem como unidades funcionais, com expressividade espacial, sendo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. Sob perspectiva de funcionalidade integrativa entre as características do geossistema e do sistema econômico [...] (Christofolletti, 1999, p. 173).

Para Guerra e Cunha (2004), a BH é uma unidade que integra os espaços naturais e sociais e, a mesma, deve ser administrada com um planejamento que vise esta sua função, buscando minimizar os impactos ambientais. Tal planejamento deve incorporar todos os recursos naturais e ambientais da área de drenagem da bacia hidrográfica, como os aspectos naturais, sociais, econômicos, políticos e culturais, com ênfase no primeiro. Pois, a capacidade de dar suporte ao desenvolvimento socioeconômico possui um limite, ou seja, a cobertura e uso da terra são dependentes das características intrínsecas de cada bacia (Pires; Santos, 1995; Souza; Fernandes, 2000).

A degradação das bacias hidrográficas é identificada por meio de qualquer alteração artificial e acelerada nas características físicas, químicas e biológicas, que podem resultar em modificações nos aspectos naturais da paisagem como alteração na topografia, contaminação dos solos, alteração na biodiversidade e qualidade e quantidade das águas superficiais. Algumas dessas alterações podem ocorrer por meio das forças da natureza, mas o processo natural tem sido acelerado pelas derivações antropogênicas decorrentes do desenvolvimento urbano e rural

desordenado e pela falta de planejamento sobre a utilização dos recursos naturais, o que influencia no seu sistema hídrico.

Segundo Pires Neto, citado por Leal (2000, p. 35), “o território da bacia facilita a relação entre seus habitantes pela dependência que eles têm do sistema hídrico e dos problemas comuns que enfrentam, independentemente do modo como se agrupam neste território e dos limites políticos e administrativos”.

2.2 Fragilidade e Vulnerabilidade Ambiental: ferramentas de diagnose da paisagem

A identificação da fragilidade ambiental requer analisar e compreender componentes naturais e antrópicos que exercem influência sobre uma área, especialmente a respeito de uma bacia hidrográfica. Sua análise nos permite obter uma série de informações fundamentais para a compreensão da dinâmica de uma bacia (Melo, 2018).

Segundo Bonifácio (2019, p. 21) “a fragilidade do ambiente está associada ao potencial ecológico e a exploração antrópica”. Nesse aspecto, Ross (2006), ressaltou que no momento em que a exploração humana extrapola o limite de suporte do potencial ecológico, ocorre as transformações na dinâmica natural da paisagem.

Os estudos de avaliação da fragilidade do ambiente propõem etapas que visam à determinação do grau de intervenção antrópica sobre o meio natural, procurando sistematizar as diferentes intervenções humanas.

Uma referência em proposição de análise dos componentes ambientais no Brasil é Tricart (1977). Ele classificou a paisagem em três meios morfodinâmicos, vinculada aos princípios da Ecodinâmica, cuja concepção ecológica pressupõe que, na natureza, as trocas de energia e matéria se processam por meio de equilíbrio dinâmico, mas que esse equilíbrio é alterado pelas intervenções humanas, podendo gerar na natureza uma situação de desequilíbrio temporal ou até permanente. Nesta proposta, determinou os princípios da Ecodinâmica pela conexão pedogênese-morfogênese, os quais são: Meios estáveis - prevalece a pedogênese e é onde os processos ocorrem de forma constante, mas de maneira lenta; Meios Intergrades - caracteriza-se pela concorrência permanente, refere-se a passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis; Meios Instáveis – prevalece a morfogênese, tendo como característica principal a forte predominância da morfogênese.

A proposta de Tricart serviu como base para vários outros estudos de fragilidade e/ou vulnerabilidade, dentre eles o de Ross (1994), intitulado “*Análise Empírica da Fragilidade dos*

Ambientes Naturais e Antropizados”. Ross sistematizou uma proposta hierarquizada de análise da fragilidade ambiental sobre a prisma da teoria sistêmica e do conceito de Unidades Ecodinâmicas. Ele utilizou das informações referentes as características: pedológicas, geomorfológicas, geológicas, climatológicas e uso da terra/vegetação. É um estudo voltado ao planejamento, partindo do princípio de que a sociedade deve utilizar dos recursos naturais, respeitando suas especificidades e critérios técnicos e científicos, dentro de uma política conservacionista (Ross, 1994).

Nesta perspectiva, Ross (1994, 2010) inseriu novos conceitos e critérios para definição das Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis. Classificando então, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis como aquelas que estão próximas do seu nível de equilíbrio dinâmico, mas que podem apresentar uma certa instabilidade potencial diante de suas características naturais e a possível inserção antrópica, apresentando em diferentes graus, maior ou menor fragilidade. Já as Unidades Ecodinâmicas Instáveis são aquelas associadas a ambientes fortemente instáveis, onde as intervenções humanas intensificam cada vez mais a instabilidade desses ambientes naturais como pelo desmatamento, urbanização, pastagens, entre outras, chamados ambientes antropizados, com graus de instabilidade que vai desde muito fraca a muito forte. Tais unidades foram classificadas em graus de fragilidade (Fragilidade Potencial (Natural) e Fragilidade Emergente (ações antrópicas)), representadas pelas classes Muito Fraca (1), Fraca (2), Média (3), Forte (4) e Muito Forte (5).

Sobre o termo vulnerabilidade ambiental, foram Crepani *et al.* (1996) os percussores do método, que foi desenvolvido a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart de 1977, tendo como base a relação morfogênese/pedogênese, e potencialidade para estudos integrados, utilizando das imagens TM-LANDSAT. Segundo os autores, isso permite uma visão sinótica e holística da paisagem. Este método está relacionado a vulnerabilidade natural à perda de solo.

Em Crepani *et al.* (2001) foi apresentada uma metodologia para elaborar mapas de vulnerabilidade natural à perda de solo, os quais objetivaram subsidiar o Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia, utilizando como base para essa metodologia o conceito de Ecodinâmica, bem como a reinterpretação de dados temáticos preexistentes com a utilização de imagens de satélite.

Autores como Souza (2000); Tagliani (2002); Santos e Caldeyro (2007); e Medeiros e Souza (2016), mencionam a vulnerabilidade ambiental como a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental, que pode ser compreendida a partir da análise das características

ecodinâmicas dos sistemas ambientais e de sua relação com à capacidade de resposta do meio físico, perante os efeitos contrários gerados pelas ações antrópicas.

Melo Neto, Chagas e Mélo Junior (2013), mencionam o potencial de recarga subterrânea. Para isso, utilizaram de variáveis ambientais e atribuiu para elas o mesmo grau de importância de ponderação do potencial de recarga. Consideraram que a metodologia empregada foi de fácil aplicação, gerou resultados coerentes com as características da região de estudo e mostrou-se eficaz para avaliar a distribuição da recarga subterrânea na bacia, podendo ser de grande importância para o manejo da bacia e para o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos.

Semelhante a isso, De Vargas *et al.* (2023) trabalharam também na identificação de zonas potenciais de recarga, por meio de algumas variáveis, justificando que a identificação de áreas com fragilidades pode despertar o interesse das companhias de abastecimento de água e dos gestores públicos, a fim de assegurar a disponibilidade de água potável em longo prazo.

Analisando os métodos de fragilidade e vulnerabilidade, percebe-se que eles apresentam semelhanças, ainda assim, apresentam também diferenças. O que eles têm em comum é a inter-relação dos elementos do meio físico, como as variáveis solo, clima, geomorfologia, entre outros. Todavia o termo fragilidade ambiental está relacionado ao grau de sensibilidade de uma variável a qualquer tipo de dano originado naturalmente e/ou pela ação antrópica devido aos usos do solo. Paralelo a isso tem-se o termo vulnerabilidade ambiental que está relacionado ao nível de sensibilidade de uma variável influenciar na perda do solo (Schneider *et al.*, 2022). Ambos termos desenvolvidos com base na Ecodinâmica de Tricart de 1977.

Para ressaltar o que foi mencionado, concorda-se com Ross (1994) ao considerar que os estudos integrados de uma determinada área implicam na compreensão de suas características, bem como da dinâmica do ambiente natural e do meio socioeconômico, possibilitando com isso o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções antrópicas.

Marchesan *et al.* (2019), afirmam que a análise da fragilidade ambiental é um estudo essencial para a avaliação das fragilidades dos locais e que, os mapas gerados auxiliam na tomada de decisões, pois indicam as áreas mais sensíveis e as que devem receber adequação de usos.

Nesse contexto, a partir do tratamento integrado das informações espaciais, é possível chegar a um diagnóstico e análises de diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Assim, entende-se que ao mapear a fragilidade ambiental

define-se as áreas mais sensíveis, que necessitam de atenção especial diante dos usos da terra, os quais implantados de forma inadequada podem acarretar no comprometimento de todo o sistema.

Por esse ângulo, há mais tempo, Tamanini (2008) já mencionava que a fragilidade ambiental corresponde à suscetibilidade / vulnerabilidade do ambiente de ter qualquer tipo de dano, estando relacionado com as dinâmicas natural do ambiente e antropogênica.

De tal modo, reflexiona-se que a finalidade principal da análise da fragilidade ambiental é indicar as potencialidades e limitações do uso e ocupação da terra pela humanidade. Assim sendo, a foi avaliada a potencialidade dos ambientes naturais da área de estudo, visando indicar mediadas à elaboração de um adequado uso das terras no intuito de preservar os recursos hídricos.

2.3 Segurança e Escassez Hídrica

A gestão dos recursos hídricos se tornou um desafio global desde os anos 1970, em decorrência das incertezas provocadas pelos impactos proveniente dos meios produtivos e pelo uso inadequado da água. A partir disso, vários fóruns e conferências foram realizados buscando discutir e encontrar soluções para o risco de escassez hídrica mundial, tais como: Conferência de Estocolmo, em 1972, e a publicação do Relatório de Bruntland em 1988, ambas mencionam a preocupação com a proteção ambiental e com os recursos naturais; a Rio92 com destaque aos recursos hídricos, quando se deu origem a Agenda 21, que é um documento que trata de forma mais completa a questão dos recursos hídricos, que se constitui em promover, em escala global, o desenvolvimento sustentável (integração da proteção ambiental com desenvolvimento econômico); em 1992, a Declaração Mundial dos Direitos da Água, elaborada pela ONU – Organizações das Nações Unidas; a Cúpula do Milênio, em 2000; a Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável, em 2002; entre outros (Barbosa, 2003).

Em 2012, acontece a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, que teve a meta a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável e analisar progressos e erros e, tratar sobre novos temas, entre eles está “Água” e “Segurança Alimentar e Nutricional”; em 2015 foram estabelecidos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional para serem cumpridas até 2030. Esse acordo estabeleceu 17 objetivos e 169 metas, dentre os quais tem-se o objetivo 6 que tem a finalidade de “assegurar

a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento básico” (Organização das Nações Unidas, 2015).

A segurança hídrica vem ganhando um papel de destaque em nível internacional e nacional, porém seu conceito ainda não foi totalmente consolidado. Muitas interpretações são feitas e se distinguem devido as diferentes percepções sobre o recurso hídrico. Um conceito mais comum de segurança hídrica é quando todos tem acesso físico e econômico à água de qualidade e quantidade suficiente para atender as demandas humanas, econômicas e ecológicas. (Albuquerque, 2013).

Grey e Sadoff (2007), conceituaram a segurança hídrica incluindo a definição de risco, ou seja, a segurança hídrica como uma disponibilidade, em quantidade e qualidade aceitável de água para os meios de subsistência, saúde, ecossistema e produção, junto à um nível aceitável de riscos a água para os ambientes, pessoas e economias.

Para Melo (2016), a segurança hídrica está associada aos serviços de abastecimento público de água e a define como a garantia de provimento de quantidade e qualidade de água bruta suficiente para isso.

Jepson *et al.* (2017) veem na direção oposta de Melo (2016), definindo a segurança hídrica como processo social, considerando-a como

um processo dinâmico pelo qual os indivíduos, famílias e comunidades navegam nas relações hidro-sociais para garantir água segura e acessível de forma a apoiar o desenvolvimento sustentável das capacidades humanas em sua amplitude e alcance devendo atender a praticas culturais, identidades, normas e crenças (Jepson *et al.*, 2017, p. 50)

Capacidade incluem necessariamente imaginação, pensamento e emoções, tudo o que informa a afiliação cultural, expressão, valores e práticas centrais para uma vida que promove dignidade humana. (Jepson *et al.*, 2017, p. 48).

O conceito proposto pelos últimos autores citados, destaca a compreensão da água a partir de uma abordagem relacional e sistêmica, afastando daquelas que estão dentro da concepção da contabilização da água. Os autores entendem que as dimensões materiais não conseguem explicar as relações das comunidades tradicionais e dos povos indígenas com a água, por exemplo.

A Lei Federal n.º 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, traz embutido, em seu artigo 1º, o conceito de segurança hídrica ao deixar estabelecido que o consumo humano é prioridade de uso em caso de escassez hídrica.

A partir da crise hídrica que aconteceu no Sudeste do Brasil, em 2014, o conceito de segurança hídrica ganhou seu espaço no território brasileiro. O assunto foi colocado em pauta

nacional, a exemplo do Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH, o qual foi lançado em abril de 2019. (Melo; Johnsson, 2017).

Esse plano expõe o que é a Segurança Hídrica alinhada ao conceito da ONU

A segurança hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país (Agência Nacional de Águas, 2019, p. 13).

No contexto da qualidade hídrica é importante refletir a respeito das características das nascentes e águas, pois, as nascentes devem ser preservadas para que se tenha a conservação dos cursos d'água, já que em alguns locais do nosso planeta as nascentes estão desaparecendo (Curcio, 2016; Pieroni *et al.*, 2019). A qualidade da água deve ser avaliada por parâmetros físico-químicos e microbiológicos para ser utilizada (Flauzino, 2014; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

Na avaliação dos recursos hídricos, os sedimentos fluviais também têm um papel importante. Costa, Miyazaki e Rosolen (2017), mencionam que esses sedimentos apresentam como fonte de vida para corpos hídricos, pois se constituem de fonte de nutrientes para muitos organismos. Os autores ainda afirmam que, além disso, os processos microbiológicos (regeneração dos nutrientes e funcionamento dos ciclos de nutrientes) para todo o corpo d'água, oferecem condições apropriadas para o desenvolvimento da diversidade de habitats.

Contudo, observa-se que os principais elementos necessários para alcançar e manter a segurança hídrica encontram-se na definição da ONU Water de 2013

A capacidade de uma população de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água de qualidade para garantir meios de sobrevivência, o bem estar humano, o desenvolvimento socioeconômico; para assegurar proteção contra poluição e desastres relacionados à água, e para preservação de ecossistemas em um clima de paz e estabilidade política (Organização das Nações Unidas, 2013, p. VI).

De acordo com Tucci e Chagas (2017), a escassez hídrica pode ocorrer pela falta de água devido ao aumento da demanda (quantidade) ou pela perda de disponibilidade por causa da contaminação das fontes (qualidade da água). Assim sendo, essa escassez torna uma ameaça à segurança alimentar, haja vista que a segurança alimentar está calcada no setor de produção de alimentos, no plantio e nos cuidados no campo.

Em síntese do levantamento a respeito de segurança e escassez hídrica, pode-se conceber que os dois termos mencionados estão conectados e, seus conceitos até então definidos são integradores e interdisciplinares. De acordo com Cook e Bakker (2012), identifica-se temas interrelacionados dominantes à segurança da água, que são: disponibilidade da água; vulnerabilidade; necessidades humanas; e sustentabilidade.

Nessa lógica, a presente pesquisa foi desenvolvida com a pretensão de identificar as áreas potenciais naturais e ambientais em vista da recarga de cursos d'água frente as necessidades humanas. Pois, segundo De Vargas *et al.* (2023) definir zonas de potenciais de recarga pode ser de fundamental importância à segurança hídrica de alguma região. Isso pode despertar o interesse de gestores públicos e privados à formulação e implantação de planejamento e gestão do uso da terra em respeito as áreas de recarga, a fim de assegurar a disponibilidade de água. Em resposta disso, pode-se preservar as áreas de recarga. A adequação à forma de uso e ocupação da terra, bem como das atividades de exploração de recursos são essenciais para garantir uma exploração perene dos recursos hídricos (Melo Neto; Chagas; Mélo Junior, 2013).

Logo, a efetivação de toda essa interrelação, com a finalidade de subsidiar medidas à proposição de adequabilidade do uso das terras de forma sustentável, visa a segurança hídrica da área de estudo.

2.3.1 Águas superficiais e sedimentos fluviais: Parâmetros de qualidade

A água é um bem natural que tem sido discutido com ênfase nos últimos anos, principalmente devido à preocupação crescente com as mudanças climáticas registradas e percebidas na última década. Ela está presente de várias formas em nosso planeta. Nos corpos hídricos, está presente nas nascentes, nos córregos e rios, exercendo uma importância fundamental sobre as atividades e necessidades antrópicas. Estas, por sua vez, compõem uma bacia hidrográfica. Assim, a água que percorre um curso d'água, por exemplo, faz parte de um sistema maior, no qual há conexões e recíproca dependência.

A qualidade da água, segundo Tucci (1997), é influenciada por fatores como formação geológica, geomorfologia, solos, cobertura vegetal e clima, variando entre períodos sazonais. Para Von Sperling (2007) a qualidade da água pode ser modificada devido condições naturais e ações antrópicas da seguinte forma:

Condições naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão (partículas de solo) ou dissolvidos (íons oriundos da dissolução de rochas) ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais (ocupação do solo com matas e florestas). Neste caso, têm grande influência a cobertura e a composição do solo.

Ações antrópicas: a interferência do homem, seja de forma concentrada, como na geração de despejos domésticos e industriais, ou de forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. A forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água (Von Sperling, 2005, p. 15).

A qualidade da água também pode ser alterada durante o seu percurso nos cursos d'água, segundo Freire (2010). Para autora “Os cursos d'água na sua trajetória, da nascente até a foz, carregam ainda sedimentos e outros detritos que, em alguns casos, são fontes geradoras de poluição” (Freire, 2010, p. 17).

As atividades humanas necessitam de água e o desenvolvimento dessas atividades acaba por prejudicar a qualidade dos recursos hídricos. Para o desenvolvimento das atividades econômicas a qualidade dos cursos hídricos deve estar adequada ao uso, a satisfação do usuário e o estabelecimento de padrões de qualidade. Segundo Franco (2010, p. 18) “o conhecimento do uso do solo em uma bacia hidrográfica é primordial para a correlação causa-efeito na qualidade da água”. De acordo com o que Franco afirma, Costa, Miyazaki e Rosolen (2017, p. 65), destacam que “as condições socioeconômicas são responsáveis pela qualidade dos sedimentos no sistema fluvial”.

Nesse contexto, pode-se considerar que a avaliação da qualidade da água, com base nos seus atributos físicos, químicos e biológico, bem como com a detecção de metais pesados nos sedimentos fluviais de cursos d'água são essenciais para averiguar as condições ambientais de recursos hídricos.

A cor da água está relacionada a presença de material dissolvido que pode ser orgânico ou inorgânico. É um indicador da presença de húmus (matéria orgânica), plâncton (conjunto de plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas) ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos, ferro e/ou manganês (abundantes em diversos tipos de solos) (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O parâmetro turbidez tem relação com as partículas em suspensão, orgânicas ou inorgânicas e representa o grau de interferência à passagem da luz na água, ocasionando aparência turva (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019). No mesmo sentido, Bonifácio (2019, p. 45) menciona também que

a redução da turbidez na água ocorre pela presença de sólidos em suspensão, como as partículas de solo (areia, silte e argila) e matéria orgânica (plâncton, bactérias, algas). Enquanto Barcellos *et al.* (2006) descrevem que alguns minerais presentes nos solos, como o ferro e manganês, conferem um aumento da coloração e turbidez à água.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), o alto teor de bactérias pode influenciar na elevada turbidez da água, reduzindo a fotossíntese de vegetação arraigada submersa e algas, o que leva a cessação da produtividade de peixes.

A temperatura possui elevada relevância na sobrevivência das espécies e processos físicos, químicos e biológicos. É considerada como uma das características mais importante no meio aquático, condicionando as influências de uma series de variáveis físico-químicas (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O aumento da temperatura em corpo d'água geralmente se dá por origens naturais (transferência de calor por radiação, condução e convecção entre atmosfera e solo e por origens antrópicas (efluentes industriais - usinas termoelétricas e indústria canavieira) (Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019). Esses autores ainda mencionam que ela é influenciada por fatores como: estação do ano; período do dia; latitude; altitude; valores de vazão e profundidade.

[...] à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 5).

Ainda segundo os autores citados, a elevada temperatura faz diminuir a dissolução dos gases, por exemplo, o oxigênio dos corpos d'água naturais apresenta variações com a temperatura.

Os sólidos totais correspondem a toda matéria que permanece como resíduo e os métodos empregados para sua determinação são os gravimétricos (com utilização de balança analítica ou de precisão) (Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017). Todas as impurezas da água, exceto os gases dissolvidos, colaboram para a carga total de sólidos presentes nos corpos d'água (Flauzino, 2008; Franco, 2010). Bonifácio (2019), afirma que a interferência na qualidade das águas é acometida pelo escoamento superficial, em condições naturais e que essa qualidade depende do material carregado (sedimentos e impurezas do solo) por este escoamento. A interferência das ações antrópicas pode provocar e/ou acelerar o escoamento superficial, removendo partículas sólidas do solo e transportando-as até os corpos d'água (Mello, 2006; Bonifácio, 2019). Esses autores destacam que os sólidos podem causar

danos ao curso hídrico, com assoreamento, alteração da sua morfologia, impactos à vida aquática e comprometimento da qualidade da água, na medida que retêm poluentes e resíduos orgânicos no leito dos cursos d'água.

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, pois participa no processo de formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa (Esteves, 1998; Flauzino, 2008; Franco, 2010). “Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos” (Flauzino, 2008, p. 41).

Diversas são as fontes de nitrogênio na água, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo:

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da uréia na água. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos como a biofixação desempenhada por bactérias e algas presentes nos corpos hídricos, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas; a fixação química, reação que depende da presença de luz, também acarreta a presença de amônia e nitratos nas águas, pois a chuva transporta tais substâncias, bem como as partículas contendo nitrogênio orgânico para os corpos hídricos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, a drenagem das águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública, constitui fonte difusa de difícil caracterização (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 32).

Nesse contexto, o nitrogênio pode estar presente nas águas sob as formas nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Ainda segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), pode-se associar a degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas mencionadas. Ou seja, se for coletada uma amostra de água em um rio poluído e as análises demonstrarem predominância de formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecerem o nitrito e o nitrato, demonstra que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, identifica-se o nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (Esteves, 1998; Flauzino, 2008; Franco, 2010; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O fósforo (P) é um importante elemento nos sistemas biológicos, pois influencia no crescimento de algas e outros organismos no meio aquático, sendo considerado um nutriente

fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica. No entanto, quando apresenta elevadas concentrações em corpos hídricos, pode favorecer para proliferação exagerada desses organismos, caracterizando em eutrofização, tal como o nitrogênio (Von Sperling, 2007; Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017, p. 25), o fósforo

aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais.

O oxigênio dissolvido (OD) é considerado um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos entre os demais os gases dissolvidos na água. Suas principais fontes para a água são a atmosfera e a fotossíntese (Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), menciona que o oxigênio da atmosfera se dissolve nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura: $C_{SAT} = \alpha \cdot p_{gás}$

onde α é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e $p_{gás}$ é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm. Para 20°C, por exemplo, α é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio em uma água superficial é igual a $43,9 \times 0,21 = 9,2$ mg/kg. É muito comum em livros de química, a apresentação de tabelas de concentrações de saturação de oxigênio em função da temperatura, da pressão e da salinidade da água (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 28).

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata (queda d'água) é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, com a velocidade normalmente bastante baixa (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 29).

A fotossíntese de algas é outra fonte importante de oxigênio. Segundo Flauzino (2008), a fotossíntese ocorre em águas poluídas, mais especificamente, em águas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados liberou sais minerais no meio, como os de nitrogênio e fósforo, que são utilizados pelas algas, ou seja, ocorre em águas eutrofizadas. Essa

fonte não é muito significativa nos trechos de rios à jusante de fortes lançamentos de esgotos (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

A turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes às condições severas de poluição conseguem sobreviver. A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 29).

Jordão e Pessoa (2005) *apud* Flauzino (2008, p. 36), mencionam que se “torna difícil considerar o consumo de oxigênio por meio da respiração das plantas, desconsiderando a produção de oxigênio por meio da fotossíntese”. Nesse sentido, esses dois fatores devem ser estudados em conjunto, pois apresentam uma característica de complexidade particular, tendo em vista que envolvem um sistema biológico de grau elevado e de difícil tradução em um modelo matemático.

Bonifácio (2019) alude que o OD pode ser influenciado com concentração maior acrescida pela turbulência das águas, como também apresentar valores mais baixos de concentração, causados pela temperatura, quando de águas mais quentes e com maior quantidade de matéria orgânica. Esta autora ainda menciona que as ações antrópicas também influenciam na concentração mais baixa, como exemplo disso, os córregos e rios que percorrem centros urbanos e/ou que recebem efluentes com grande contribuição de matéria orgânica.

Águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de OD (por causa do seu consumo na decomposição de compostos orgânicos). Já as águas limpas apresentam elevadas concentrações de OD. Concentrações de saturação superiores a 9,2 mg/kg, na temperatura de 20°C, indicam presença de organismos produtores de oxigênio (algas) e valores abaixo da concentração estão relacionados ao acúmulo de matéria orgânica nos corpos d'água (Von Sperling, 2007; Flauzino, 2008; Bonifácio, 2019). Diante disso, Flauzino (2008), transcreve

No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/kg, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade onde chegam a se formar crostas verdes de algas à superfície (Branco, 1986; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2008 *apud* Flauzino, 2008, p. 37-38).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) refere-se à quantidade de oxigênio disponível na água que seria necessária para que microrganismos aeróbicos realizem a

decomposição da matéria orgânica à uma forma inorgânica estável (Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019).

A DBO é comumente considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

Segundo os autores mencionados, o parâmetro DBO “é importante para o controle da poluição da água, já que reflete a matéria orgânica biodegradável e, além disso, influencia nos níveis de autodepuração dos cursos d’água” (Bonifácio, 2019, p. 42).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d’água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 16).

O potencial Hidrogeniônico (pH) é um parâmetro importante em muitos estudos no campo de saneamento ambiental, pois tem influência em diversos equilíbrios químicos ou em processos unitários de tratamento de águas. Sua influência sobre os ecossistemas aquáticos naturais está diretamente ligada a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e indiretamente contribui para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O pH de uma amostra é representado pela medida de íons de Hidrogênio. Segundo Macedo (2004) *apud* Flauzino (2008, p. 34), “o pH da água determina a solubilidade (quantidade que pode ser dissolvida na água) e a disponibilidade biológica (quantidade que pode ser usada pela biota aquática) dos constituintes químicos, tais como os nutrientes (P, N e C) e metais pesados (Pb, Cu, Cd e outros)”.

Flauzino (2008) menciona que os cursos d’água são habitados por muitos tipos de bactérias, bem como por várias espécies de peixes e algas. Esse autor ainda se refere neste assunto, citando Branco (1986) e Esteves (1998), por destacarem que as bactérias são importantes porque elas consomem toda a carga poluidora lançada aos cursos hídricos, se tornando as principais responsáveis pela autodepuração. “As bactérias do grupo coliformes são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal” (Flauzino, 2008, p. 49).

No mesmo sentido, fez-se o estudo de Franco (2010), no qual consta que os microrganismos são os maiores responsáveis pela transmissão e proliferação de doenças de origem hídrica. Ele destaca ainda, que a determinação da potencialidade da água transmitir doenças pode ser avaliada de forma indireta, por meio de organismos indicadores de contaminação fecal, do grupo de coliformes.

Há dois grupos dos coliformes que são encontrados na água: os coliformes totais, que são aqueles microrganismos presentes no intestino e nas fezes de animais de sangue quente e coliformes termotolerantes, considerados indicadores mais precisos de contaminação fecal de animais e humanos; os coliformes termotolerantes são microrganismos capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representado principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

Ainda conforme a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a *Escherichia coli* é de origem exclusivamente fecal. Os demais microrganismos mencionados são de origem não fecal e podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica (em efluentes industriais, material vegetal e solo em processo de decomposição) e não são indicadores de contaminação fecal tão apropriados quanto a *E. coli*. Vale mencionar que o termo “coliformes termotolerantes” vem em substituição da expressão “coliformes fecais” justamente por serem incluídas bactérias de origem não fecal nesse grupo.

A *E. coli* é a bactéria principal e mais conhecida do subgrupo dos coliformes termotolerantes. Ela está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente e é raramente detectada na ausência de poluição fecal. É considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019).

De acordo com Rosolen *et al.* (2009), os sedimentos são constituídos por partículas minerais (areia, silte e argila) e matéria orgânica. São derivados da alteração e erosão dos minerais, dos solos e de matéria orgânica, que são transportados das partes mais elevadas de uma bacia hidrográfica até serem depositados nos corpos d'água, podendo ser também provenientes de erosão de depósitos e outras formações dentro do próprio canal hídrico.

Segundo Oliveira *et al.* (2018), os sedimentos podem acumular concentrações expressivas de elementos e substâncias solúveis. Assim, os sedimentos se configuram como armazenadores (reservatórios) de contaminantes capazes de guardar e acumular substâncias tóxicas que ficam retidas nos minerais por meio dos processos de precipitação, oclusão

incorporação, aumentando a probabilidade de contaminação dos organismos aquáticos (Ahlf; Förstner, 2001). Nesse prisma, Costa, Miyazaki e Rosolen (2017, p. 66-67) citam que

Stigliani (1988); Förstner (2003) e Rosolen *et al.* (2009), destacam que os sedimentos são capazes de estocar e imobilizar elementos tóxicos, sendo considerados como “armadilhas químicas”, e seus efeitos podem não se manifestar imediatamente, fazendo com que sejam liberadas de acordo com a dinâmica das bacias hidrográficas.

No Brasil o Conselho Nacional de Meio Ambiente estabelece resoluções que servem de base interpretativa, fornecendo valores legais norteadores, quanto à presença de substâncias químicas nos solos e sedimentos. São elas:

- Resolução CONAMA n.º 420, de 28 de dezembro de 2009 estabelece os valores do solo quanto à presença de substâncias químicas e as diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.
- Resolução CONAMA n.º 454, de 1 de novembro de 2012 estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Nesse contexto, as análises de sedimentos também poderão fornecer dados importantes sobre a qualidade dos recursos hídricos das BHCbVT, podendo detectar a presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos. A análise de metais pesados¹ vem de encontro à identificação desses contaminantes, que são elementos químicos nocivos para os seres humanos. Para isso, foram utilizados os limites de concentração estipulados por duas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resoluções n.º 420/2009 e n.º 454/2012 – para refletir e ponderar sobre os resultados das análises realizadas neste estudo, verificando o comportamento dos sedimentos fluviais em dois períodos distintos (estiagem e chuvoso).

Segundo Costa, Miyazaki e Rosolen (2017), os metais pesados vêm se destacando no cenário ambiental, nas últimas décadas, em função do seu alto grau de contaminação. Alguns metais pesados são mencionados com certa ênfase em vários estudos devido seus efeitos diretos e indiretos na saúde humana, tais como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni), Zinco (Zn) (Costa; Miyazaki; Rosolen, 2017; Segura-Muñoz, 2002). Segue uma breve descrição a respeito desses metais:

¹ O termo “metal pesado” refere-se a uma classe de elementos químicos nocivos para os seres humanos, principalmente pela sua maior densidade em relação aos metais comuns (Baird, 2002 *apud* Costa *et al.*, 2017).

O Arsênio (As) possui propriedades que são intermediárias entre os metais e não metais. Está associado aos minérios constituídos por metais, como cobre ou ser liberado pela atmosfera, em pequena quantidade, a partir de usinas de energia movidas a carvão e incineradores (Silva, 2016). É também presente naturalmente, em baixas concentrações, em algumas formações rochosas, solos e água.

Segundo Netto (2022) e Silva (2016), o uso de compostos de Arsênio como herbicidas, inseticidas, dissecantes, entre outros para cultivos agrícolas, a combustão do carvão e a liberação de compostos arsênicos na mineração e fundição de ouro, cobre, níquel e chumbo são consideradas as principais atividades antrópicas causadoras da liberação de arsênio ao meio ambiente, tornando-o poluído. Tem-se como principais vias de contaminação pelo arsênio as águas poluídas e solos contaminados.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017) informa que o Cádmio (Cd) é liberado ao ambiente por efluentes industriais (produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes), bem como por poluição difusa provocada por fertilizantes e poluição do ar. Menciona ainda que, a ingestão de alimentos ou água contendo altas concentrações de cádmio causa irritação no estômago, com vômitos e diarreia, e às vezes leva à morte.

O Chumbo (Pb) está concentrado nas rochas magmáticas e em depósitos de argila, segundo Kabata-Pendias (2010). Esse elemento químico está também presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos e é utilizado na indústria, como na fabricação de baterias, tintas, esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas, etc (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017, p. 14) “a presença do metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. O chumbo raramente é encontrado na água de torneira, exceto quando os encanamentos são a base de chumbo, ou soldas, acessórios ou outras conexões”.

Quando o ser humano faz a ingestão de alimentos e bebidas contaminados por chumbo pode acontecer de seus órgãos e sistemas do corpo serem afetados, especialmente o sistema nervoso, que é mais sensível. Quando exposto intensamente a este elemento, pode ter sede intensa, inflamação gastrintestinal, vômitos e diarreias e, quando prolongada a exposição são observados efeitos renais, cardiovasculares, neurológicos e nos músculos e ossos, entre outros (Segura-Muñoz, 2002; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O Cobalto (Co) desempenha papel importante na nutrição animal. Segundo Sampaio (2003) esse parâmetro tem relativamente baixa toxicidade ao ser humano. Contudo, a presença

dele, acima dos padrões ambientais, durante vários dias seguidos, pode causar efeitos nocivos com deficiência de tireoide, insuficiência cardíaca congênita e hiperplasia da medula.

A sua origem natural se dá em baixas concentrações em função do tipo de material de origem. É inserido nos cultivos por meio de adubação, visto que é um nutriente essencial para as plantas.

Netto (2022) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017) mencionam que o Cobre (Cu) é bastante usado em ligas metálicas e os óxidos utilizados como pesticidas e fertilizantes. É utilizado em equipamentos elétricos, utensílios domésticos, em tubulações, ligas metálicas, em pinturas para cascos de navios, bem como fungicidas e inseticidas. Devido aos seus diversos usos ocorre a transferência do cobre para o meio ambiente, que pode ser por meio do esgoto urbano, efluentes de indústrias de fertilizantes e de refinaria, por exemplo.

Segundo Segura-Muñoz (2002), a ingestão de cobre em altos níveis pode também gerar sintomas gastrointestinais ao homem.

O Cromo (Cr) é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, entre outros usos e, as principais fontes de contaminação são os rejeitos urbanos e industriais (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Amato, 2018).

Segundo Jaishankar et al. (2014) *apud* Netto (2022, p. 45), o cromo é

detectado naturalmente em plantas, rochas, animais, solos, poeiras e névoas vulcânicas, sendo as ações antrópicas a fonte da quase totalidade de cromo hexavalente encontrado no ambiente. Níveis consideráveis de cromo são encontrados nos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e superfosfatados. Nas atividades industriais encontram-se principalmente as formas hexavalente, trivalente e elementar.

“A população em geral está exposta ao cromo, geralmente na forma de trivalente, através da alimentação e da ingestão de água potável” (Segura-Muñoz, 2002, p. 21). A autora completa sua afirmação, mencionando Who (1998), a qual descreve que: “estima-se que o ser humano ingere até 60 ug por dia de cromo a partir dos alimentos”.

O Manganês (Mn) e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

É considerado um mineral essencial para o ser humano, porém tóxico quando absorvido em excesso. O homem se expõe ao Mn por meio do consumo de alimentos (Segura-Muñoz, 2002; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O Mercúrio (Hg), segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), é usado na produção eletrolítica do cloro, em equipamentos elétricos, amalgamas e como matéria prima para compostos de mercúrio, bem como em garimpos para extração do ouro no Brasil. Esse elemento químico está presente na forma inorgânica na água superficial e subterrânea. “Entre as fontes antropogênicas de mercúrio no meio aquático destacam-se as indústrias cloro-álcali de células de mercúrio, vários processos de mineração e fundição, efluentes de estações de tratamento de esgotos, indústrias de tintas etc” (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017, p. 28).

É considerado um metal altamente tóxico e a principal via de exposição humana ao mercúrio é por ingestão de alimentos, sendo, tanto o mercúrio inorgânico como o orgânico são responsáveis por gerar lesões cerebrais. A intoxicação aguda por esse elemento químico caracterizada por náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia, danos nos ossos e morte (Segura-Muñoz, 2002; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O Níquel (Ni) é um metal naturalmente encontrado na crosta terrestre e sua maior parte ocorre em conjunto com ferro magnésio, minerais de rochas metamórficas e ígneas (Netto, 2022). Está presente em baterias, indústrias de fundição e produção de aço inoxidável, fabricação de moedas, entre outras funções, além de ser utilizado na agricultura, particularmente nas monoculturas de soja. Esse metal pode ser tóxico para as plantas em geral e vida aquática.

O consumo de alimentos contendo Níquel (Ni) é a principal via de exposição para a população não exposta ocupacionalmente a este metal e não fumante. Sua ingestão em elevadas doses pode causar irritação gástrica e reação alérgica (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017).

O Zinco (Zn) é um elemento essencial para o crescimento do ser humano em pequenas quantidades. A atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. Em elevadas concentrações esse elemento pode ser prejudicial a saúde humana e nos animais, a deficiência em zinco pode acarretar ao atraso no crescimento (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017). Segura-Muñoz (2002) menciona que o zinco é um elemento intensamente absorvido nas reações que acontecem no solo.

Diante do exposto, entende-se que a análise dos sedimentos é de fundamental importância para a avaliação ambiental de uma bacia hidrográfica, pois os sedimentos podem transportar e acumular substâncias tóxicas, liberando-as para o ambiente em determinadas situações.

2.4 Riscos: conceitos, classificação e aplicações

Segundo Dagnino e Carpi Junior (2007), ao longo do tempo, os conceitos de risco têm sido utilizados em vários ramos do conhecimento e adaptados conforme os casos em questão. Com isso, o termo riscos é substituído e/ou associa-se a vulnerabilidade, susceptibilidade ou danos potenciais.

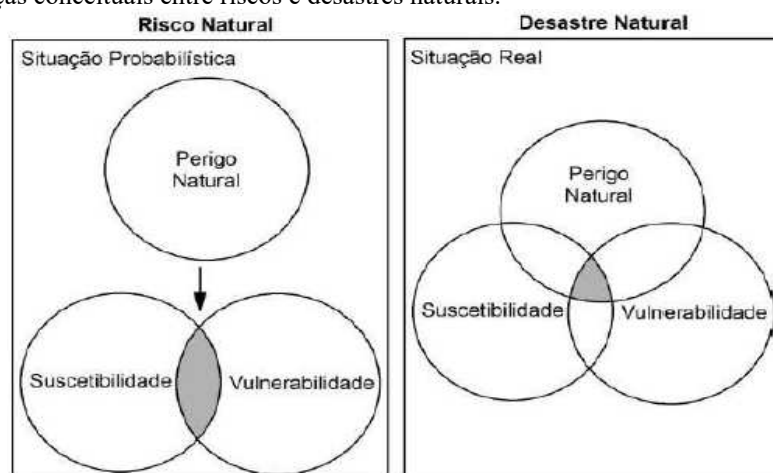
Cajazeiras (2020, p. 35), menciona que

[...] Quando o dano é somente no meio ambiente, chamamos de susceptibilidade, no entanto, quando o dano pode ocorrer sobre as pessoas temos o risco, o grau de risco vai variar de acordo com as vulnerabilidades de cada região estudada. O desastre é a materialização do risco, através dos danos: econômicos, sociais e ambientais.

Para melhor explicar o que acaba de ser citado apresenta-se a Figura 1 que demonstra as diferenças entre riscos e desastres naturais. Nota-se assim, similaridade dos conceitos entre Cajazeiras (2020) e Olímpio (2017)

Se o risco é uma situação percebida enquanto probabilidade de perdas, o desastre refere-se à própria materialização desta condição, dada por uma série de impactos que põe em evidência a magnitude de um evento e a sua relação com a vulnerabilidade de um sistema afetado (Olímpio, 2017, p. 52).

Figura 1 – Diferenças conceituais entre riscos e desastres naturais.



Fonte: Olímpio (2017, p. 52).

Olímpio e Zanella (2017, p. 105), mencionam Veyret e Richemond (2007) afirmando que “o desastre apenas surge quando os danos gerados rompem a capacidade de gestão da sociedade impactada, de modo que ela não possui os meios para superar a crise estabelecida”.

Nessa acepção, nota-se que diversos são os tipos de riscos apresentados na literatura, tais como: riscos ambientais, naturais, sociais, tecnológicos, entre outros. Cada um atribuído ou relacionado à alguma ação ou algum fator.

Para Egler (1996), é importante considerar o conceito de risco ambiental como a resultante de três categorias, as quais incorporam à análise de risco ambiental

1. Risco Natural: aquele que está associado às dinâmicas dos sistemas naturais, considerando sua relação de instabilidade/estabilidade expresso pelo nível de vulnerabilidade a eventos, como enchentes, formação e aceleração de processos erosivos e deslizamentos;

2. Risco Tecnológico: definido como o potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva, envolvendo avaliação tanto de possibilidade de eventos críticos de curta duração juntamente a amplas consequências; e

3. Risco Social: visto como resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. Sua manifestação mais aparente está nas condições de habitabilidade, expressa no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo. A longo prazo pode obter condições renda, emprego e capacitação técnica da população local, que são elementos fundamentais ao desenvolvimento humano sustentável.

Carvalho (2007), constrói o “Modelo Simplificado de Funcionamento e Análise de Bacias Hidrográficas” e a partir dele menciona que os riscos ambientais podem ser divididos em riscos naturais, construídos, sociais e produtivos e analisados a partir da identificação e correlação entre os quatro tipos de riscos mencionados. Nessa concepção, segundo Carvalho (2007); Carvalho; Leite (2013), estes riscos são definidos como:

- Riscos naturais: relativos ao meio natural e associado a processos que fazem parte da dinâmica natural, resultante da interação dos elementos naturais, podendo ser originados a partir de uma fragilidade natural, provocando prejuízos naturais e sociais. Podem ser induzidos e intensificados pelas ações antrópicas;

- Riscos Construídos: referem-se às transformações espaciais construídas sobre o espaço natural, vinculadas à ocupação socioeconômica produtiva, especializadas pelas edificações prediais, infraestrutura viária, infraestrutura sanitária, e afins, que geram impactos ao ambiente,

principalmente se edificadas em locais ambientalmente inadequados. São originados das inter-relações entre os componentes do subsistema construído;

- Riscos sociais: são relativos às características da sociedade local, como escolaridade, idade, renda, cultura e afins, os quais possibilitam entender as diversas formas de organização retratada na área de análise. Podem ser definidos com base do entendimento do perfil da população e de suas formas de organização; e

- Riscos produtivos: dizem respeito às atividades econômicas e às atividades não econômicas desenvolvidas em uma bacia, sendo mensurados a partir de informações das atividades produtivas desenvolvidas na bacia e suas formas de produção.

Veyret (2007) ressalta-se que os diferentes fatores de risco normalmente interagem uns com os outros, de forma que alguns pertencem concomitantemente a várias categorias.

Para Santos e Souza (2006), o risco ambiental pode ser definido como a vulnerabilidade a que um sistema ou comunidade estão expostos a um dado evento perigoso, evento esse associado a um fenômeno natural agravado ou provocado pelo homem.

Mendonça (2010) enfatiza que

A noção de risco introduz uma nova perspectiva na abordagem e gestão do espaço e dos territórios, sejam eles urbanos ou rurais, litorâneos ou continentais, naturais ou fortemente alterados. Ela constitui-se num novo paradigma - como anteriormente mencionado, com especial repercussão sobre a perspectiva do planejamento ao forjar a mudança da concepção predominante de estabilidade do espaço ou da natureza, uma vez que fundamenta-se na ideia de incerteza quanto às paisagens futuras, especialmente ao admitir os processos de mudanças globais e globalização em curso (Mendonça, 2010, p. 156).

A esse respeito, Santos (2011), destaca que a noção de risco é complexa e procurou utilizar conceitos que pudessem explicar e contextualizar os riscos, de uma forma que fossem compreendidos e apreendidos, tudo dentro de uma abordagem acadêmica. Feito isso, verificou que não existia diferenciações teórico-conceituais marcantes. Ele menciona que pode ou não haver riscos dependendo do contexto social, ou seja, em uma situação que pode ser risco a um determinado segmento social pode não ser a outro, exemplo disso:

[...] a ocupação de uma planície de inundação constitui risco para uma população que não apresenta adequadas condições de infraestrutura. De outro lado, em uma região onde foram realizadas intervenções, visando a reduzir os efeitos potenciais de uma enchente, o risco é reduzido. Esta concepção reforça o papel da vulnerabilidade das organizações socioeconômicas na exposição aos riscos que podem vir a configurar situações de crise [...] (Santos, 2011, p. 65).

Entende-se assim, que o risco não pode ser considerado puramente como probabilidades de acontecimentos, pois ele na realidade parte de um processo de construção social. Pois, de acordo com Santos (2011); Veyret (2007) os riscos foram produzidos pela ação da sociedade, sendo sobre ela manifestada. Com isso, não há risco sem uma sociedade que o perceba ou sofra pelos seus efeitos.

Dagnino e Carpi Junior (2007) enfatizam que qualquer levantamento de riscos deve ser feito de forma adaptada a cada realidade local, conforme a dimensão territorial, os vínculos das pessoas com a área em estudo, entre outros aspectos. Eles demonstraram um exemplo de delineamento para identificação de situações ambientais urbanas que pudessem apresentar riscos para os moradores e trabalhadores de bairros de Campinas-SP, elaborado por outros autores. A Figura 2 apresenta tal delineamento.

Figura 2 – Delineamento para identificação de situações de riscos.

| Roteiro pra identificação de situações ambientais urbanas que possam apresentar riscos para moradores e trabalhadores em Campinas, São Paulo. | | |
|---|--|--|
| 1. Situações de acidentes graves. | 2. Ocasões de chuvas fortes e períodos chuvosos prolongados. | 3. Situações de risco pela exposição à atmosfera poluída. |
| 4. Períodos prolongados de calmaria, de secura no ar, e de inversão térmica. | 5. Riscos pelo uso e pela ingestão de água contaminada. | 6. Focos de risco sanitário pela proximidade, convivência, ou passagem eventual em locais explicitamente arriscados. |

Fonte: Proposto por Oswaldo Sevá Filho e Carlos Eduardo Abrahão, em 2001, apresentado por Dagnino e Carpi Junior (2007).

Diante desse contexto, a de se concordar com Santos e Ross (2008) quando estes mencionam que um estudo ambiental integrado precisa vincular a problemática ambiental aos problemas relacionados.

Com isso, o destaque aos riscos ambientais, nesta pesquisa, recai sobre os riscos derivados de ações antrópicas que podem ser aqui enfatizados como riscos construídos, especialmente aqueles inseridos em áreas com potencial natural a conservação do sistema hidrográfico.

2.5 Planejamento ambiental – base para o planejamento territorial

Nota-se que as questões sobre o valor dos bens naturais do nosso planeta e sua importância para a humanidade são apresentadas ao ser humano, por exemplo, quando crianças,

nas fases iniciais do ensino básico, raras exceções oferecidas no âmbito familiar. Contudo, são informações pontuais, fornecidas em datas específicas do calendário anual, esquecidas ao longo do tempo, tanto no âmbito escolar quanto em órgãos públicos e privados que também trabalham essas questões pontualmente.

Diante de todo contexto teórico levantado, observa-se que para alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário um planejamento que reconheça, de forma concreta, que os recursos naturais são finitos. Considerando ainda, obter um desenvolvimento alicerçado por planejamento pautado na qualidade e não somente na quantidade.

O planejamento vem se desenvolvendo desde a Antiguidade e o que se observa é uma evolução de conceitos e métodos. Nesse sentido, Santos (2004) traz em sua obra denominada *Planejamento Ambiental - teoria e prática* alguns conceitos e frases feitas de planejamento. Nessa mesma obra, na página 23, Santos menciona: “entende-se que o processo de planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que você está, onde deseja chegar e qual o melhor caminho para chegar lá”.

[...] planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. [...] É importante frisar que a ênfase do planejamento está na tomada de decisões, subsidiadas num diagnóstico que, ao menos, identifique e defina o melhor uso possível dos recursos do meio planejado. Deve-se minimamente reconhecer o dinamismo dos sistemas que compõem o meio. [...].
Se o planejamento implica decidir sobre ações futuras, previsões e estimativas de cenários futuros são essenciais. [...] (Santos, 2004, p. 24).

De acordo com Santos (2004), o planejamento é uma atividade que deve ser elaborada em documentos e implementada, e, a partir da implementação, deve-se ter continuidade ao longo do tempo recebendo monitoramento e avaliação, sendo o momento em que também receberá revisões.

Final dos anos 1980 e década de 1990 surge a maioria dos conceitos de planejamento ambiental, provocada pelo movimento histórico, pela valorização ambiental e subsidiada pela visão holística do território (Santos, 2004). Em alguns deles menciona-se que o planejamento ambiental:

- fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. [...]. O planejador que trabalha sob esse prisma, de forma geral, tem uma visão sistêmica e holística [...].
- tem como estratégia estabelecer ações dentro de contextos e não isoladamente. [...]. Trabalha, sim, com o conceito de recurso, que admite o elemento natural como fonte de matéria para o homem. Prevê a participação de diversos setores da sociedade [...].
- considera os critérios a longo prazo, mas busca estabelecer também medidas a curto e médio prazos. Este procedimento pretende reorganizar o espaço, paulatinamente,

para que não apenas no presente, mas também no futuro, as fontes e meios de recursos sejam usados e manejados de forma a responderem pelas necessidades da sociedade. [...]. (Santos, 2004, p. 28).

Ainda segundo Santos (2004), acredita-se que uma das mais importantes atribuições dadas ao planejamento ambiental é a de se pautar pelo potencial e pelas limitações que o meio apresenta. A autora menciona que “[...] trabalhar, enfaticamente, sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades, de acordo com essas características” (Santos, 2004, p. 28).

Segundo Silva e Rodriguez (2011), o Planejamento Ambiental, visto como a base para o Planejamento Territorial, deve ser elaborado a partir da identificação, classificação e cartografia dos sistemas ambientais naturais e na determinação de suas características e propriedades. “A visão fragmentada e estática que muitas vezes se tem dos elementos que compõem a paisagem é responsável pelos desequilíbrios ambientais conhecidos” (Ribeiro, 2012, p. 54).

“O planejamento ambiental surge como uma proposta de superação da inadequada utilização dos recursos naturais e da distribuição e organização da sociedade e das atividades econômicas sobre o território” (Dibieso, 2013, p. 39).

Rodriguez e Silva (2013 *apud* Trombeta (2016, p. 192) afirmam que

No Planejamento e na Gestão Ambiental os níveis de análise devem ser considerados de acordo com a ideia de que a Natureza e a Sociedade são dois sistemas que interagem em um complexo dialético e, portanto, existirá uma vasta teia de interligações que afetam, em maior ou menos extensão, todo o sistema (Trombeta, 2016, p. 192).

Para Chaves (2021), “a gestão do ambiente deve ser feita em conjunto com o planejamento ambiental, territorial, ecológico, conservacionista, entre outros”. Ressalta ainda que isso se justifica pela necessidade de se obter conhecimentos aprofundados a respeito dos aspectos físico-naturais e socioambientais, para assim, delinear um planejamento e pensar a gestão.

O ordenamento e/ou planejamento ambiental deve levar em consideração as interações entre o território e a paisagem. Um modelo para além das preocupações políticas e legislativas, no qual se vê a história e construção social do território sem esquecer que nele está o suporte essencial da vida (todo tipo de vida e os elementos abióticos), a paisagem natural, base dos recursos essenciais à existência do agora e das gerações futuras (Chaves, 2021, p. 63).

Mota (1999, p. 139), enfatiza que “o planejamento territorial de uma bacia hidrográfica com bases em princípios ambientais constitui o melhor método para evitar a degradação de seus recursos hídricos”.

Rodriguez e Silva (2018) inferem que o planejamento ambiental deve ser pensado a partir do uso da natureza e a sua relação com todos os componentes que fazem parte do meio ambiente. É com essa compreensão que esses autores propuseram um modelo de planejamento integrador pautado na paisagem e fundamentada na geoecologia. Ainda na mesma obra desses autores é mencionado que a noção de planejamento e gestão ambiental surgiu a partir das preocupações de cientistas e especialistas com as problemáticas ambientais. Além de se pensar em como gerir racionalmente o processo de ocupação da superfície terrestre e como identificar e compreender a capacidade de suporte natural frente aos impactos antrópicos

Silva e Rodriguez (2011), ao discorrerem sobre “O problema dos Recursos Hídricos e Manejo de Bacias” mencionam alguns autores e seus estudos, entre eles o de Cesar Leal, no qual consta que “a gestão de bacias hidrográficas deve articular a dimensão hidrológica, e hidroengenharia, e incorporar a perspectiva ambiental. Considera-se assim a necessidade de analisar os usos múltiplos da água. [...]” (Silva; Rodriguez, 2011, p. 19).

Os usos múltiplos da água, segundo o Instituto Mineiro de Gestão das Águas, é um dos princípios da Política Estadual de Recursos Hídricos, em que se coloca todas as categorias de uso da água em igualdade de condições em termos de acesso aos recursos hídricos (Minas Gerais, 1999).

Nesse sentido, qualquer que seja a atividade humana que venha alterar as condições naturais das águas é considerada um tipo de uso. Assim, os usos da água podem ser classificados em consuntivos, que são aqueles que captam água do manancial para sua destinação (alguns exemplos irrigação, indústria e abastecimento humano), e os não consuntivos são aqueles que não envolvem um consumo direto da água (para lazer, pesca e navegação, como exemplos) (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023).

Autores como Leal (2000, 2003), Botelho e Silva (2004), afirmam que

considerar uma bacia hidrográfica como uma unidade de gestão, portanto, impõe abordar todos seus elementos (água, solo, flora, fauna, uso e ocupação do solo, etc.) e compreendê-la como uma totalidade composta por elementos naturais e sociais interrelacionados e dinâmicos (Leal, 2003, p. 71-72).
entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (Botelho; Silva, 2004, p. 153).

a unicidade verifica-se, na abordagem sistêmica, pela interação entre os elementos naturais e sociais constituintes da bacia hidrográfica e pela indivisibilidade da água, em suas fases meteórica, superficial ou subterrânea (Leal, 2000, p. 34).

Botelho e Silva (2004, p. 184) afirmam que “[...] a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas onde se procura compatibilizar as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicas das regiões”.

Quando a bacia hidrográfica torna-se o espaço das funções urbanas e do campo, a complexidade aumenta, pela diversidade de produtos e consumidores, pelo aumento das relações intrínsecas e pela sua dependência de fontes externas, criando uma malha que, comumente, transcende o território da bacia [...] (Santos, 2004, p. 41).

Diante disso, quando se trata de conservação e preservação de recursos hídricos, o direcionamento do uso e ocupação das terras deve ser elaborado para a bacia hidrográfica, pois a qualidade do fluido de determinado curso d’água dependerá dos seus afluentes e, essa qualidade é condicionada também pelas ações decorrentes do uso e ocupação (Mota, 1981; Ribeiro, 2012). No mesmo sentido, Trombeta (2019, p. 80), afirma que [...] as bacias hidrográficas possuem uma combinação dinâmica entre os seus componentes, sejam naturais e/ou sociais. Assim, não se deve considerar o corpo hídrico de forma isolada e sim como um elemento constituidor de sistema integrado.

Em Rodriguez e Silva (2018) fica entendido que o planejamento fundamentado na paisagem é uma forma eficaz de pensar um nível mais complexo de integração, o qual possibilita exercer adequadamente as exigências atuais dos conhecimentos técnicos e científicos. Além de que, o planejamento alicerçado na avaliação da paisagem reflete a tentativa de se construir cenários que busquem incorporar a sustentabilidade no processo de desenvolvimento (Rodriguez; Silva, 2018). Cenários estes que precisam estar conectados à conservação, preservação e gestão ambiental.

[...] a paisagem ocupa amplo campo de debate no amplo campo de debate no planejamento e na ordenação do território. Às vezes se faz por meio quantitativo, com finalidade de quantificar as alterações feita na construção do território, mas também se faz uso da paisagem em sua condição qualitativa de representatividade de um povo, dos elementos da natureza, com valores agregados que devem ser ressaltados no processo de ordenação (Chaves, 2021, p.61).

Segundo Tauk (1991); Silva *et al.* (2021), os cenários são construídos a partir do diagnóstico e prognóstico. Na obra dos últimos autores, aqui mencionados, destaca-se a possibilidade de construir cenários a partir de diversas dimensões, considerando o planejamento, os agentes públicos e/ ou privados, escalas espaciais, temáticas ambientais,

econômicas e sociais. Os autores mencionados apresentaram uma classificação dos cenários, com base em Beser de Deus (2013), na qual são apresentados métodos de elaboração (participativo ou elaborado por especialistas); abordagem para construção (quantitativa e/ou qualitativa); propósito (exploratórios, tendenciais, alternativos, normativos e/ou intuitivos); bem como escalas espaciais e temporais.

Nesse contexto, optou-se nesta pesquisa, adotar bacia hidrográfica como unidade físico-territorial para as análises visando subsídios para um planejamento ambiental adequado de usos da terra e para a conservação dos recursos hídricos

Diante dessas possibilidades, é necessário refletir em sintonia com a realidade das BHC BVT e o planejamento ambiental para que o uso dessas áreas seja fundamentado na relação entre a conservação dos componentes naturais da paisagem e o desenvolvimento territorial.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

3.1 Abordagem metodológica

O presente capítulo apresenta o caminho metodológico trilhado para a construção desta tese, que se desenvolve na abordagem sistêmica, por meio da análise integrada dos componentes da paisagem das BHC BVT.

De acordo com Soares (2008, p. 68), “a pesquisa e o método científico são utilizados na construção do caminho a ser percorrido para a verificação de hipóteses, buscando permanentemente a verdade, com base no conhecimento científico”.

Entende-se por metodologia o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Ou seja, a metodologia inclui simultaneamente a teoria da abordagem (o método), os instrumentos de operacionalização do conhecimento (as técnicas) e a criatividade do pesquisador (sua experiência, sua capacidade pessoal e sua sensibilidade) (Minayo, 2010, p. 14).

O método “é um conjunto de procedimentos suficientemente gerais, para possibilitar o desenvolvimento de uma investigação científica ou de significativa parte dela” (Gil, 1987, p. 34).

Na Geografia, as metodologias dos trabalhos de pesquisa estão associadas às diferentes correntes de pensamento geográfico, tais como: o empirismo, o positivismo, o estruturalismo, o sistemismo, o psicologismo ou fenomenologia e a dialética (Antonio Filho; Dezan, 2009). Assim sendo, antes de apresentar o método que sustenta e valida a cientificidade dos resultados a serem apresentados, expõem-se as razões que determinam a escolha do caminho metodológico.

As inúmeras visitas em parte da área de estudo, conciliando com as antigas atuações profissionais da autora desta pesquisa – área da “Educação/Ensino” e na área “Técnica Ambiental” no município de Uberlândia-MG – feitas concomitantemente com o olhar geográfico sobre as diferentes características socioambientais nas BHC BVT, influenciaram na elaboração de investigação de suas particularidades.

A experiência vivenciada e os conhecimentos adquiridos sobre uma parte da área de estudo e também sobre outras áreas no município de Uberlândia, que vem sofrendo impactos ambientais decorrentes de mau uso das terras contribuíram para o despertar do interesse em conhecer as BHC BVT cientificamente. O conhecimento mais detalhado da área da presente pesquisa vem desde 2008, quando da iniciação científica da autora, na época da graduação, por

meio de um projeto de pesquisa, o qual foi premiado pelo “Prêmio Furnas Ouro Azul” em 1º lugar na categoria estudante nível superior. Tal projeto foi elaborado com a participação da professora orientadora de pesquisas e da coordenadora do curso de Geografia, da Faculdade Católica de Uberlândia – PUC Minas Uberlândia, objetivando estabelecer parâmetros para buscar a sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos e o equilíbrio ambiental da paisagem em bacias hidrográficas, além de disponibilizar alternativas técnicas à agricultores familiares, a fim de proporcionar-lhes melhoria da qualidade de vida. Outro impulso para a presente tese, foi a efetivação da pesquisa de mestrado em 2012, o que possibilitou estudar e levantar dados de uma parcela das BHC BVT.

Decorridos esses anos e contando com a oportunidade única surgida em sua trajetória de vida (Doutoramento), a autora visa, metodicamente e sistematicamente detalhar questões que foram e ainda são expressas a ela e a sociedade em geral.

As questões de pesquisa não saem do nada. Em muitos casos, originam-se na biografia pessoal do pesquisador e em seu contexto social. A decisão sobre uma questão específica depende em grande parte dos interesses práticos do pesquisador e de seu envolvimento em determinados contextos históricos e sociais. Tanto os contextos cotidianos como os específicos desempenham aqui um papel (Flick, 2009, p. 103).

Em vista disso e do intuito da presente pesquisa, este estudo foi conduzido pela corrente do pensamento sistêmico, na qual os preceitos metodológicos abrangem uma abordagem sistêmica por meio da análise integrada da paisagem.

Essa perspectiva, ou seja, a busca da integração entre os elementos da paisagem e a (inter)ação antrópica, contribui para o entendimento da complexidade da relação sociedade-natureza e permite apreender a síntese dessa relação em uma dinâmica sucessiva de ordem natural e antrópica no modelamento e remodelamento das BHC BVT. A análise de bacias hidrográficas é considerada como sistemas abertos onde ocorrem trocas constantes de energia e matéria (Christofoletti, 1999).

Complementando Chaves (2021), é importante salientar que entender a análise integrada dos componentes da paisagem de uma bacia de drenagem significa compreender que esses componentes estão em constante interação. Eles, bem como a bacia hidrográfica, são sistemas de troca de energia, matéria e informação de forma interdependente com as atividades e ações antrópicas.

Do ponto de vista de seus objetivos, este estudo engloba nos grupos de pesquisa explicados por Gil (2008), como: estudos exploratórios, descritivos e explicativos. Sendo assim, é caracterizada como uma pesquisa descritiva de caráter exploratório. Nas menções de Gil, as

pesquisas exploratórias buscam obter informações que permitam reconhecer a realidade estudada. Segundo este autor, esse é o tipo de pesquisa que apresenta menor rigidez no planejamento e se constitui como a primeira etapa de uma investigação mais ampla.

As pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas aparece na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados (Gil, 2008, p. 28).

Já a pesquisa explicativa objetiva a identificação dos fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de um fenômeno. É considerada o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento, porque tenta explicar a razão e as relações de causa e efeito. (Gil, 2008).

Quanto a abordagem do problema, o estudo se desenvolve na pesquisa quali-quantitativa, que segundo Neves (1996); Portel (2004) *apud* Pessoa (2020) os métodos qualitativos e quantitativos não se excluem, apesar de se diferirem quanto a forma e a ênfase, mas que a melhor forma de pesquisar é por meio da integração entre métodos quantitativo e qualitativo. Assim, o estudo envolve procedimentos técnicos, tais como: observação assistemática e sistemática, pesquisas bibliográfica e documental, atividades de gabinete², levantamentos em campo e análise de conteúdo.

Partindo desses pressupostos e de acordo com Ross (1990), a metodologia deve representar a “*espinha dorsal*” da pesquisa e apoiar-se no conhecimento teórico, na metodologia a ser aplicada e nas técnicas operacionais. Nesse sentido, a presente pesquisa perpassou as etapas da proposta metodológica elaborada por Libault (1971), denominada *Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica: compilatório, correlatório, semântico e normativo*, correlacionando-a com fases de planejamento ambiental propostas por Rodriguez (1994) e Santos (2004).

Santos (2004) apresenta oito fases: definição de objetivos; definição da estrutura organizacional; diagnóstico; avaliação de acertos e conflitos; integração e classificação de informações; identificação de alternativas; seleção de alternativas; e tomada de decisão, diretrizes e monitoramento. Algumas dessas fases são similares aquelas propostas por Rodriguez (1994), as quais são: Organização; Inventário; Análise; Diagnóstico; Propositiva; e executiva.

² Gabinete = escritório de laboratórios e/ou escritório de residência própria.

Desse modo, as etapas da presente pesquisa se dividem nos níveis: *compilatório* (levantamentos e compilação de dados existentes - organização); *correlatório* (obtenção de novos dados, tratamento e interpretação dos dados levantados – inventário/análises); *semântico* (sistematização dos resultados dos dados levantados e das análises realizadas, ou seja, fase interpretativa e analítica das informações obtidas - diagnóstico) e; *normativo* (síntese e conclusiva - prognóstica/propositiva) isto é, fase de exibição dos cenários, problemas e riscos ambientais e formulação de indicações ao planejamento ambiental visando a segurança hídrica. Com isso, esta pesquisa foi desenvolvida com trabalhos de gabinete e de campo (Quadro 2).

Quadro 2 – Níveis da pesquisa.

| Níveis Etapas Pesquisa | Trabalho de Gabinete | Trabalho de Campo |
|---|---|--|
| Compilatório (Organização) | Levantamento e leitura de artigos, livros, teses, dissertações e outros materiais pertinentes a temática de estudo; Coleta e seleção de dados – origem primária e secundária; Definição da área de estudo e escala de trabalho e cartográfica; Construção da base cartográfica e banco de dados | Identificação da área da pesquisa; Capturas de coordenadas; Anotações no diário de campo; Registros fotográficos; Conversas informais com representantes comunitários rurais; Validação da base cartográfica |
| Correlatório (Inventário/Análises) | Coleta de dados e análises laboratoriais; Interpretação dos dados coletados e analisados em campo e laboratórios; Construção da cartografia temática; Organização dos dados de acordo com as temáticas abordadas na tese | Realização dos ensaios <i>in situ</i> para averiguação do coeficiente de permeabilidade dos MI; Coletas de águas superficiais, sedimentos e materiais inconsolidados (MI); Análises morfológicas de elementos da paisagem (materiais inconsolidados, substrato rochoso); Capturas de coordenadas UTM e registros fotográficos; Validação da cartografia temática |
| Semântico (Diagnóstico) | Articulação, correlação e inter-relação de dados conforme os objetivos e abordagens metodológicas utilizadas na interpretação, avaliação, identificação e apresentação dos resultados. Elaboração e aplicação de procedimento metodológico para identificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga de cursos d'água (APNRCA). | Validação da cartografia de síntese |
| Normativo (Prognósticos / Propositivo) | Elaboração e aplicação de procedimento metodológico para apresentação dos cenários ambientais: Cenários potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água; | ----- |

Continua

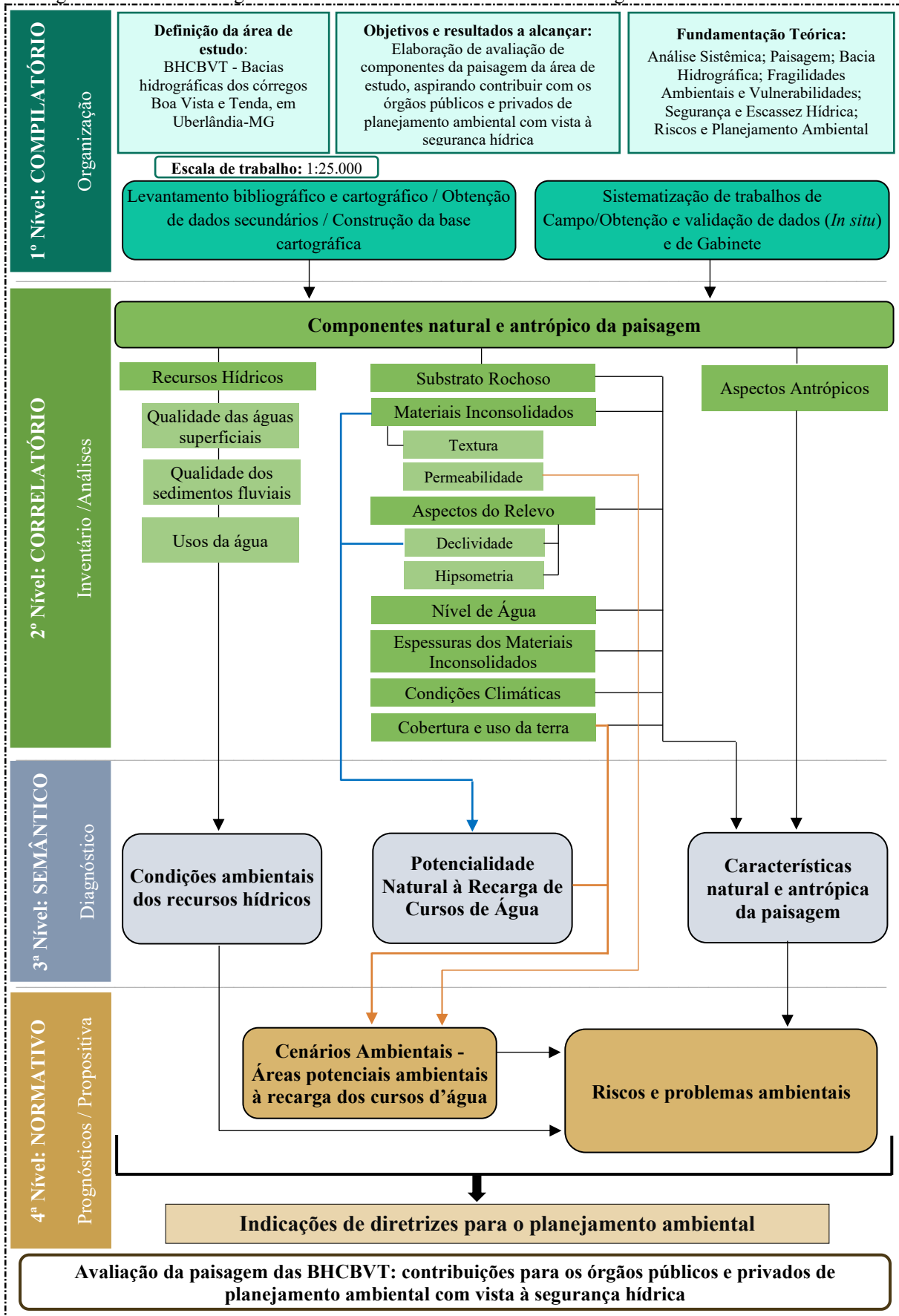
Continuação

| | | |
|--|---|--|
| | Compreensão de riscos e problemas ambientais; e Formulação de indicações ao planejamento ambiental. | |
|--|---|--|

Fonte: Adaptado de Libault (1971); Rodriguez (1994); Santos (2004). Elaborado pela autora (2022).

Considerando o exposto, o presente trabalho foi direcionado conforme apresentado no Fluxograma 1 e os detalhes dos procedimentos técnicos operacionais estão apresentados ao longo do texto.

Fluxograma 1 – Estrutura organizacional da tese – Roteiro teórico-metodológico



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2021).

3.2 Trabalhos de campo e gabinete

Os trabalhos de campo foram realizados, percorrendo toda a área de estudo, com intuito de: levantar e caracterizar os componentes da paisagem; conferir os aspectos físico-geográficos e ambientais para validar os mapas físicos; levantar dados e registrar as condições ambientais dos recursos hídricos; validar o mapa de cobertura e uso da terra; realizar coletas de amostras de materiais inconsolidados e ensaios *in situ* visando analisar as características dos materiais inconsolidados; coletar amostras de águas superficiais e sedimentos a fim de averiguar a condições ambientais dos recursos hídricos; e realizar registros fotográficos e capturas de coordenadas UTM.

Na pesquisa de campo como ação de explicação e transformação, a necessidade de campo é pensada com vistas a sua transformação. A geografia, neste caso, exerce uma ação de grafar o território. Constrói novas territorialidades juntamente com outros segmentos sociais. A pesquisa de campo constitui para o geógrafo um ato de observação da realidade do outro, interpretada pela lente do sujeito na relação com o outro sujeito. Esta interpretação resulta de seu engajamento no próprio objeto de investigação. Sua construção geográfica resulta de suas práticas sociais (Suertegaray, 2002, p. 3).

Os trabalhos de pesquisa para a presente tese exigiram várias visitas de campo, que se desenvolveram em diversas etapas, totalizando em 29 trabalhos de campo, conforme a permissão de acessibilidade aos pontos estratégicos. Vale aqui mencionar que, em todas as atividades de campo, foram utilizados diário de campo (caderno simples), GPS (*Global Positioning System*) e câmera fotográfica.

Destacam-se três trabalhos de campo que foram essenciais para o desenvolvimento do estudo, considerando o momento atípico e incerto surgido no início de 2020 e se estendeu até o segundo semestre de 2021, com o surgimento da pandemia COVID-19 (*co*)rona (*vi*)rus (*d*)isease:

1º campo em julho de 2020 – serviu para a familiarização com a área de estudo e reconhecimento dos trajetos a serem percorridos, possibilitando registros fotográficos, anotações de campo e percepção da forma do relacionamento das pessoas em relação à receptividade durante a pandemia;

2º campo em agosto de 2020 – realização de diálogo não estruturados para averiguar a percepção ambiental e os riscos ambientais na visão dos representantes das comunidades ali inseridas, além de registros fotográficos do alto curso dos córregos Três Marcos e Tenda; e

3º campo em outubro de 2021 – apresentação de parte da área de estudo ao orientador, além de anotações de campo (coordenadas UTM e registros fotográficos) e troca de informações entre orientanda e orientador.

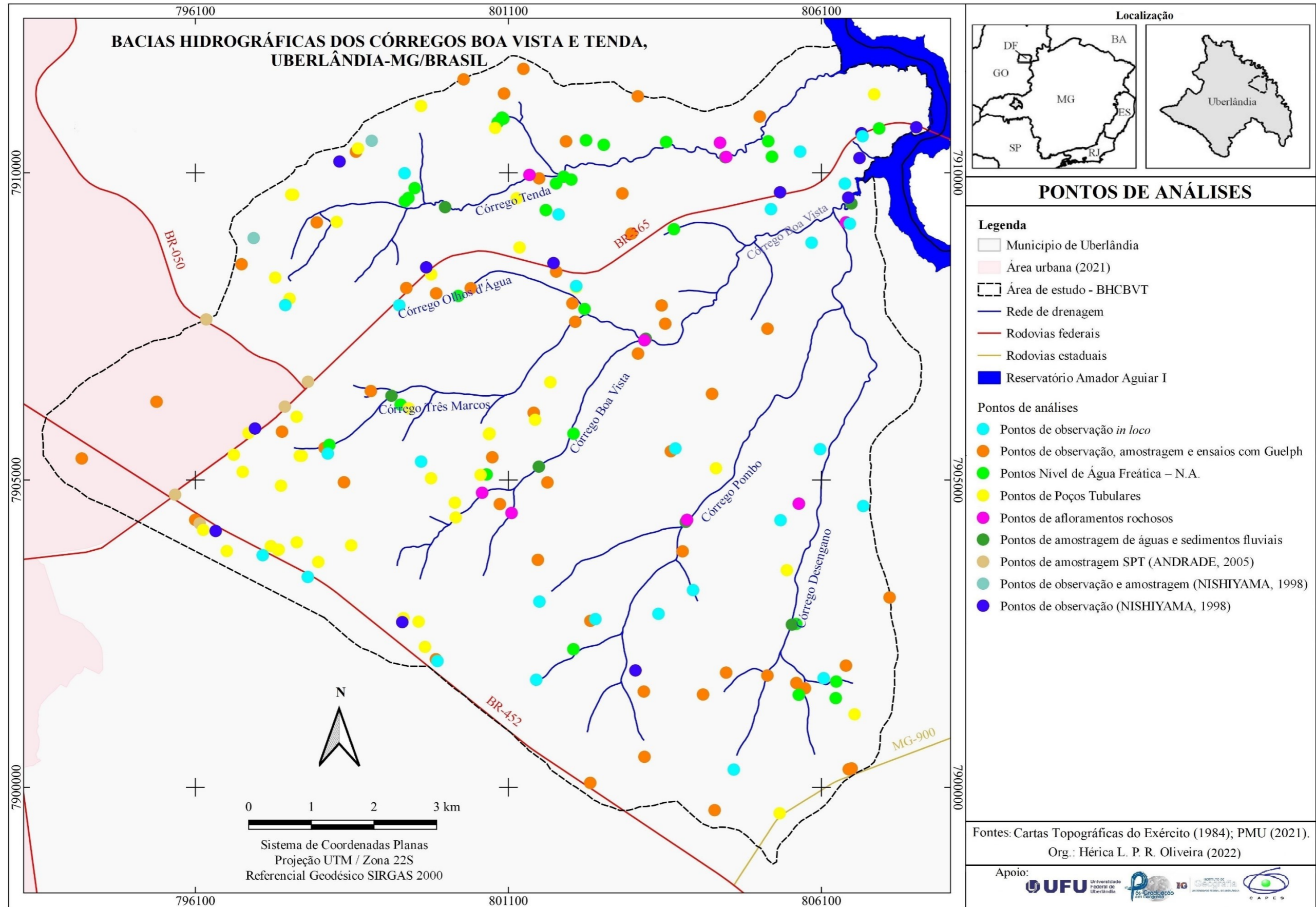
Passados quase dois anos, o retorno ao acesso aos laboratórios da Universidade Federal de Uberlândia e laboratórios privados foi estabelecido, e a configuração de maior segurança para a aproximação às propriedades rurais e às pessoas também foi combinada.

Nesse contexto, a partir de março de 2022 até o final de 2023, retornou-se aos trabalhos de campo para a coleta de dados por meio de ensaios *in situ*, visando à determinação do coeficiente de permeabilidade dos MI; amostragem dos MI para a realização da granulometria e a caracterização morfológica dos mesmos; amostragem de águas superficiais e sedimentos fluviais em duas campanhas de coletas, a fim de averiguar a qualidade desses materiais, conforme os parâmetros descritos no subitem “i.1) Avaliação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais”, na página 107; e validação de dados dos mapas físicos, com levantamento dos aspectos antrópicos por meio de observações e averiguações *in loco*.

Em todos os momentos dos ensaios e das amostragens, foram observadas as características naturais e antrópicas da área de estudo, realizando-se registros fotográficos e de coordenadas UTM, além de anotações no diário de campo. Com isso, foi possível espacializar na base cartográfica elaborada para essa pesquisa os pontos onde foram realizadas observações, amostragens e feitos os ensaios *in situ* (Mapa 2).

Os trabalhos de gabinete incluíram o levantamento bibliográfico em relação ao contexto teórico e metodológico da pesquisa e da área de estudo. Abarcaram também o planejamento das atividades de campo, a definição de imagens de satélite gratuitas e de alta resolução a serem usadas, a análise de dados, o levantamento cartográfico, a elaboração e confecção da base cartográfica e da cartografia temática, e a escrita da tese.

Mapa 2 – Localização dos pontos de análises: Amostragens, ensaios in situ e observações na área de estudo.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Ainda em gabinete, foi feita a escolha da plataforma SIG – Sistema de Informação Geográfica a ser utilizada: o *Software* QGIS 3.10.9 with GRASS 7.8.3, no qual as etapas de montagem do banco de dados cartográficos e as diversas análises foram realizadas. Esse *software* foi escolhido por ser um programa livre com código aberto e por possibilitar a análise, manipulação e geração de dados georreferenciados, além de integrar imagens de satélite com alta resolução.

3.3 Ensaio *in situ*

Os ensaios *in situ* realizados nesta pesquisa referem-se ao ensaio de infiltração da água no lugar e a análise de alguns parâmetros físico-químicos das águas superficiais. O primeiro ensaio objetivou a obtenção do coeficiente de permeabilidade (K) mediante a capacidade de infiltração da água nos materiais inconsolidados, enquanto a segunda análise *in situ* mencionada refere-se à aferição dos parâmetros: temperatura da água e pH, para analisar a qualidade das águas superficiais.

Nishiyama (1998) destaca que, devido à dificuldade em se realizar ensaios de quantificação da infiltração sob condições de chuvas naturais em grandes áreas, é imprescindível adotar um método de simulação que se aproxime da situação real. Nesse sentido, Soto (1999) e Soares (2008) ressaltam que existem diversas opções de ensaios de campo a fim de determinar a condutividade hidráulica dos solos, sendo que os ensaios de infiltração são os mais comuns na determinação da condutividade hidráulica saturada e não saturada dos solos. A realização desses ensaios pode ser feita por meio do uso de equipamentos como os permeômetros ou infiltrômetros.

Diante disso, nesta pesquisa, empregou-se o permeômetro *Guelph* devido a acessibilidade ao equipamento, à facilidade de manuseio dele em campo e a sua capacidade de determinar a condutividade hidráulica (k). A descrição desse equipamento e o procedimento de seu uso para realização do presente estudo estão em: “b.3) *Ensaio de laboratório*”.

A aferição dos parâmetros de qualidade das águas superficiais contemplou duas campanhas, nas quais foram feitas análises *in situ* e coletas de água para encaminhamento ao laboratório. Segundo Flauzino (2014), a avaliação da qualidade das águas proporciona a verificação das condições ambientais dos recursos hídricos, bem como a relação da qualidade dessas águas com as ações antrópicas. Maiores detalhes a respeito do processo de análise das águas superficiais estão descritos na página 108.

3.4 Materiais, softwares e arquivos digitais

Para o desenvolvimento da presente tese foram utilizados diversos materiais (equipamento, aplicativos, arquivos e dados digitais, ferramentas de campo e laboratório) e estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Materiais utilizados na pesquisa.

| | | | |
|--|--|--|--|
| Aplicativos | <ul style="list-style-type: none"> - Pacote <i>Office</i>; - <i>Software</i> QGIS 3.10.9 with GRASS 7.8.3 (<i>software</i> livre com código aberto); | | |
| Fontes de dados | <ul style="list-style-type: none"> - Cartas topográficas na escala de 1:25.000, editadas e publicadas pela Divisão do Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército (1984); - Arquivo vetorial do Território brasileiro, com divisas estaduais e limites municipais (IBGE, 2021); - Arquivo vetorial de Rodovias (DNIT, 2021); - Arquivo vetorial - Mapas e bairros de Uberlândia; Macrozoneamento do Município de Uberlândia (SEPLAN-PMU, 2020; 2021). - Imagens de satélite <i>Planet</i>, resolução espacial de 3 m, agosto de 2021 e abril de 2022 (SCCON, 2021; 2022); - Fotografias aéreas do município de Uberlândia, na escala 1:25.000 (1979); - Dados outorgas e usos insignificantes disponíveis na plataforma IDE-SISEMA, 1992-2023 (2023). - Dados e informações dos conselhos comunitários rurais (PMU, 2022) | | |
| Equipamentos e Ferramentas de Gabinete, Campo e Laboratórios | <ul style="list-style-type: none"> - <i>Notebook</i> Samsung Book X50 Intel® Core™ i7-10510U CPU @ 1.80GHz, 2304Mhz. Intel®UHD e NVIDIA GeoForce; - <i>GPS</i> <i>Garmin eTrex</i>; - <i>Smartphone</i> MotoG com câmera de 16MP; - Câmera Fotográfica digital 7,2MP; - Trado holandês; - Pá; - Baldes; - Sacos plásticos; - Facas / Facão; - Enxada / Enxada; - Galão de água; - Carta de Munsell; - Balança eletrônica; - Balança digital; - Almofariz e mão de grau; - Jogo de peneiras Granulométricas redondas; - Agitador de peneiras; | <ul style="list-style-type: none"> - Estufa para secagem e esterilização; - Mesa agitadora; - Vidrarias (pipetas, provetas, bequers, piseta, balão volumétrico, entre outros); - Frascos de polietileno e de vidro âmbar; - Caixas isotérmicas; - Gelo; - Sacos plásticos estéreis; - Luvas cirúrgicas; - Água destilada; - Álcool 70%; - Reagentes; - Frascos de vidro esmerilhados (oxigênio dissolvido); - Fita adesiva para identificação das amostras; - Canetas; - Caderneta de campo; - Mapa de localização dos pontos de amostragem; | <ul style="list-style-type: none"> - Formulários de coleta de amostras; - Guia de Coleta e Preservação de Amostras – Água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas (CETESB, 2011); - Coletor com braço retrátil; - Medidor de Temperatura: Termômetro digital – Tipo: Espeto – Calibrado pela RBC; - Permeâmetro <i>Guelph</i>. - Medidor de Cor para Água AK530 – Calibrado pelo fabricante - Medidor de pH Classic TAGA AKLA 099128 – Calibrado pela RBC; - Medidor de Turbidez digital TU430 TAG 19465 - Calibrado pelo fabricante |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

3.5 Procedimentos operacionais

Os procedimentos e as técnicas empregadas nesta pesquisa foram escolhidos com base nos objetivos a serem alcançados e naqueles que pudessem permitir a avaliação dentro do tempo disponível para a coleta de dados primários (realização de análises *in situ* e em laboratórios, entre outros). Diversas metodologias foram adotadas (citadas em cada item/etapa da pesquisa), sendo algumas embasadas, modificadas, complementadas e propostas na busca por uma aplicabilidade na área de estudo.

3.5.1 Primeira Etapa – Nível Compilatório (Organização)

Essa etapa consistiu na organização do processo de desenvolvimento da tese. Nela se concretizou a definição da área de estudo, a determinação do tema/objetivo e da base teórica-conceitual / metodológica e a escolha da escala cartográfica a ser trabalhada. Com isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o que já foi produzido a respeito do tema e do objeto de estudo, de modo a subsidiar o seu desenvolvimento. Foram realizados ainda o levantamento cartográfico disponível para a área de estudo e a seleção das informações coletadas através das leituras bibliográficas, o que levou à necessidade de elaborar uma base cartográfica e, conseqüentemente, à delimitação da área de acordo com a escala de trabalho escolhida para a pesquisa.

Levantamentos de dados foram feitos em campo, como registros de coordenadas UTM e fotográficos, além da identificação da área de pesquisa e de anotações de observações no diário de campo. Nesse momento, foram também realizadas conversas informais com alguns produtores rurais inseridos na área da pesquisa.

3.5.1.1 Revisão Bibliográfica

Refere-se ao levantamento bibliográfico acerca dos assuntos pertinentes à pesquisa, bem como àqueles relacionados à área de estudo. Para isso, foi realizada uma pesquisa em referências que abordassem a temática investigada.

Esse levantamento baseou-se na revisão de capítulos de livros, teses, dissertações, livros, artigos de periódicos nacionais e internacionais. Primeiramente, buscou-se levantar informações já produzidas na área de estudo e na região onde ela está inserida.

Sequencialmente, realizou-se a leitura dos temas mais pertinentes, elaborando fichamentos para que pudessem ser avaliados quanto à sua relevância para a tese.

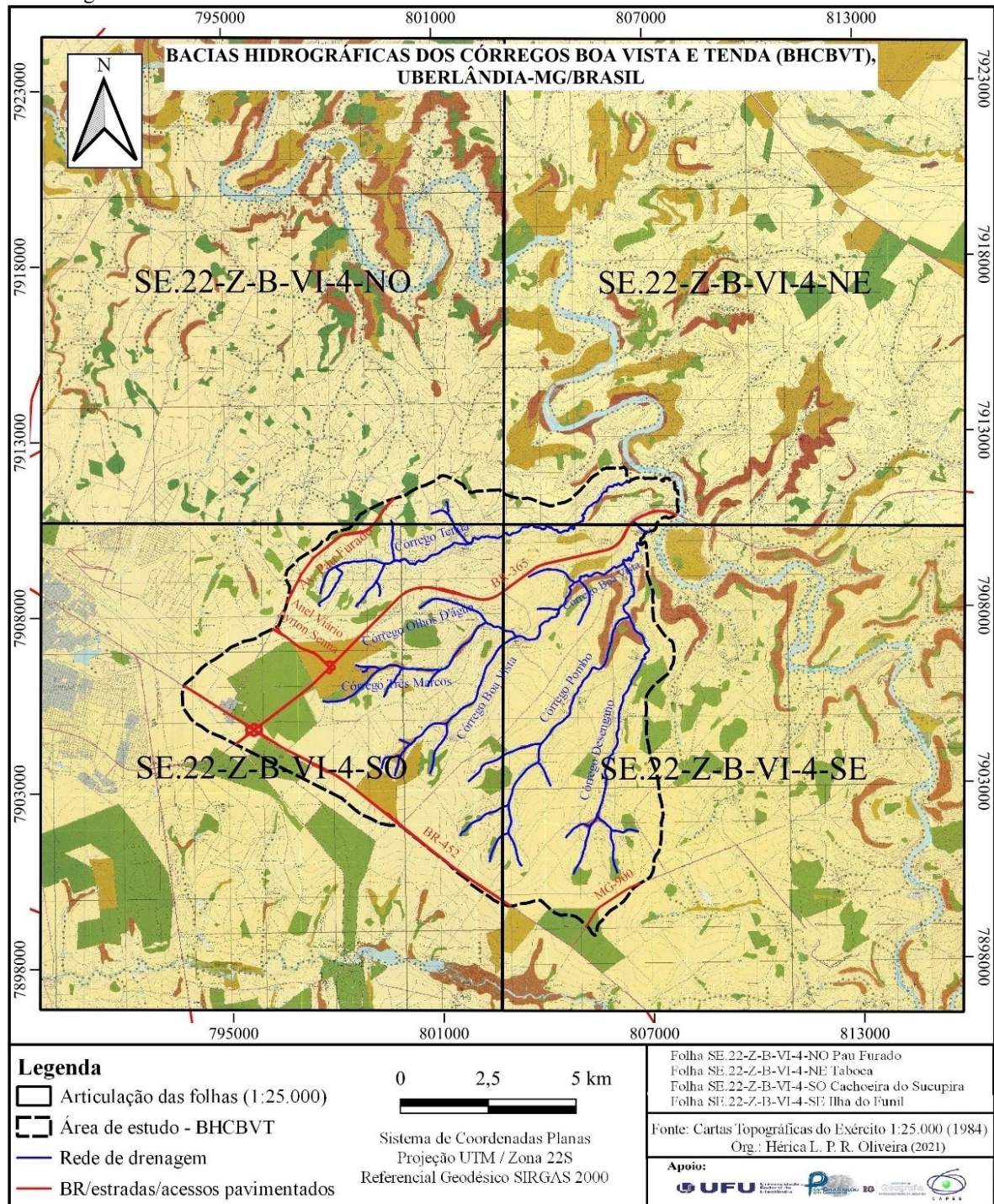
3.5.1.2 Base Cartográfica e Delimitação da Área de Estudo

A construção da base cartográfica das BHCBVT foi primordial para esta tese, especialmente pela escala espacial (1:25.000) trabalhada nesta pesquisa. Ela foi importante para levantar informações cartográficas sobre a área de estudo, como sua delimitação, curvas de nível, cotas altimétricas, perímetros urbano e de expansão urbana, drenagem, hidrografia, rodovias, dentre outras informações essenciais para o desenvolvimento da cartografia temática.

Para a elaboração da base cartográfica foram utilizadas as cartas topográficas editadas e publicadas pela Divisão do Serviço Geográfico (DSG) do Ministério do Exército (1984), voos de cobertura realizados em 1982 pela Força Aérea Brasileira. Para isso, foram utilizadas quatro cartas na escala de 1:25.000, a saber: Pau Furado (SE-22-Z-B-VI-4-NO); Taboca (SE-22-Z-B-VI-4-NE); Cachoeira do Sucupira (SE-22-Z-B-VI-4-SO); e Ilha do Funil (SE-22-Z-B-VI-4-SE), disponibilizadas pelo Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Uberlândia – LACAR-UFU. Essas cartas topográficas no formato TIFF foram importadas para o *software* QGIS e georreferenciadas no Sistema de Coordenadas Planas, Projeção UTM, Fuso 22S e Referencial Geodésico SIRGAS 2000 (Figura 3).

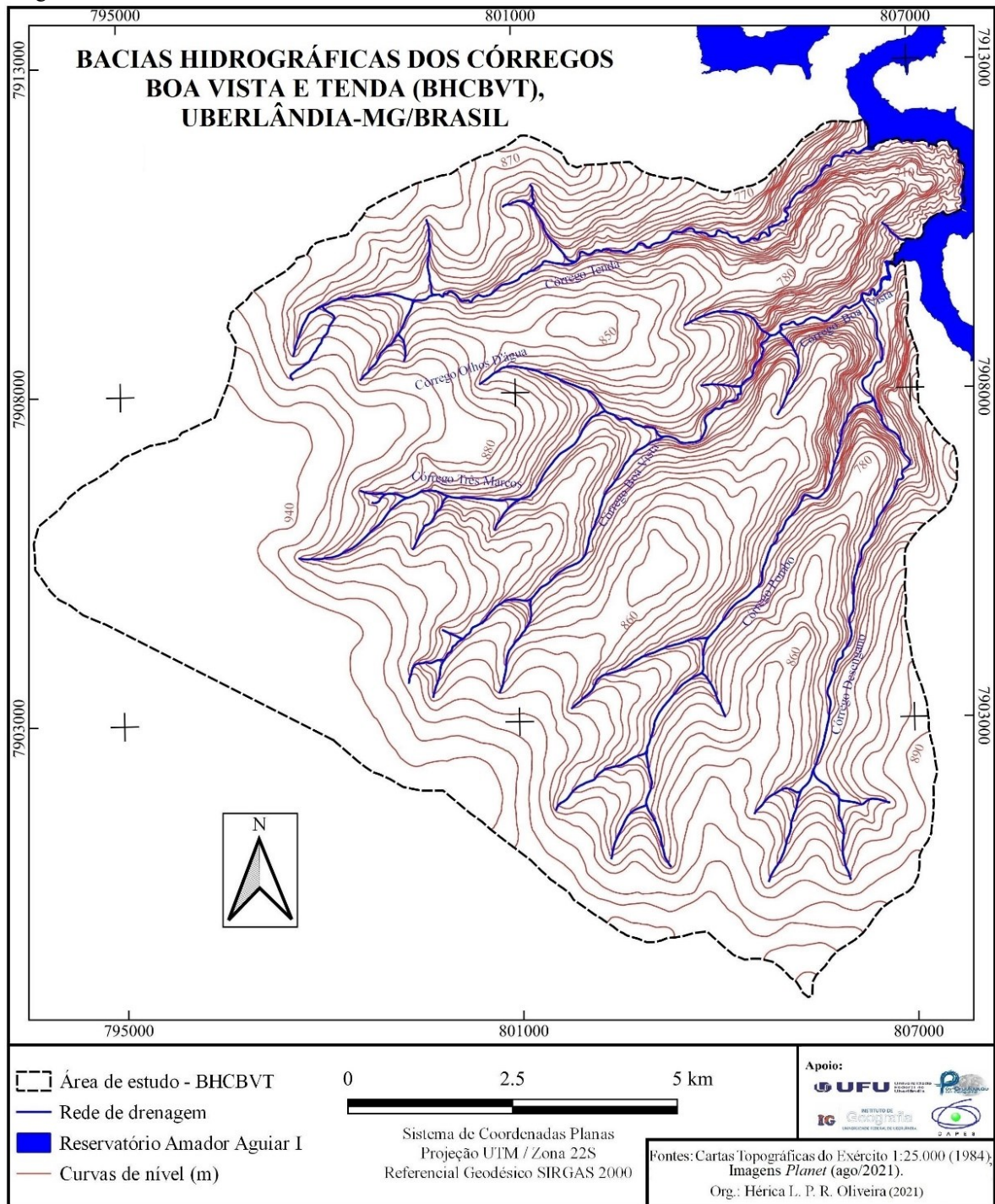
Para a construção da base cartográfica, realizou-se a vetorização da drenagem com base nas delimitações das mencionadas cartas topográficas. O limite da área de estudo também foi vetorizado, sendo delimitado com base no relevo (elementos altimétricos – curvas de nível de maior altitude e os pontos cotados) e nos afluentes que convergem para os cursos d'água principais. A atualização foi feita com as imagens de satélite *Planet*, resolução espacial 3 m, agosto de 2021 (SCCON, 2021). A malha viária foi definida a partir dos arquivos vetoriais das Rodovias do Brasil, disponibilizados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT em 2021, também atualizada pelas mesmas imagens de satélite mencionadas. As curvas de nível foram vetorizadas com equidistância de 10 metros (Mapa 3). Após isso, utilizou-se a base processada para elaborar os demais mapas temáticos e gerar o Modelo Digital de Elevação - MDE.

Figura 3 – Articulação das Cartas topográficas do Ministério do Exército na escala de 1:25.000 e representação da base cartográfica da área de estudo.



Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2021).

Mapa 3 – Curvas de nível e pontos cotados vetorizados das cartas topográficas na escala 1:25.000 – Base cartográfica das BHCbvt.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2021).

Trabalhos de campo também foram realizados nesta etapa, possibilitando a identificação da área de estudo, o registro de coordenadas UTM e de fotografias de diversos pontos das BHCbvt. Além disso, foi realizada uma conversa informal com alguns representantes agropecuários, que demonstraram suas atividades produtivas, ânsias e perspectivas futuras. A

partir disso, foi possível sistematizar outros trabalhos de campo para levantar dados do meio natural e antrópico.

3.5.2 Segunda Etapa – Nível correlatório (Inventário / Análises)

Essa etapa corresponde ao inventário e suas devidas análises, incluindo o levantamento detalhado das informações gerais da área de estudo, bem como das características naturais e antrópicas. Compreende a investigação detalhada com o propósito de obter um vasto conhecimento sobre os componentes da paisagem das BHCBVT, além de integrar os dados das paisagens natural e antrópica, o que subsidiará a elaboração das etapas subsequentes (Diagnóstico, Prognóstico e Propostas).

3.5.2.1 Levantamento dos componentes da paisagem das BHCBVT

A caracterização e os mapas temáticos aqui gerados foram elaborados com base em dados secundários e em informações levantadas em campo, por meio de coleta, observações e análises *in loco*, além da validação em campo. Utilizou-se uma ficha de campo (Anexo A) para as anotações dos aspectos naturais e antrópicos da área pesquisada, bem como para o registro da localização dos pontos analisados.

a) Substrato Rochoso (SR)

Primeiramente efetuou-se o levantamento bibliográfico sobre as características geológicas que contemplam as bacias hidrográficas estudadas, apresentando referências de estudos elaborados na região e tendo como base para a distinção das classes do substrato rochoso a obra de Batezelli (2003).

Para a definição das características das unidades do substrato rochoso foram seguidos procedimentos utilizados por Nishiyama (1998), realizando testes de resistência mecânica ao impacto do martelo geológico e análises tácteis visuais. Outros critérios também foram importantes na definição e no mapeamento do substrato rochoso, tais como: posição estratigráfica, configuração do relevo e a distribuição litológica. Realizou-se também a identificação de afloramentos e contatos entre as distintas litologias, totalizando 18 pontos identificados e observados em campo.

Para a delimitação das classes de substrato rochoso, foi realizado um refinamento e uma reclassificação do mapeamento de Batezelli (2003), tomando como referência as cotas e coordenadas UTM dos pontos de contatos litológicos visitados em campo (pontos de coleta de materiais e de observações). Utilizaram-se também as curvas de nível com equidistância vertical de 10 metros e a composição colorida natural das imagens *Planet*. Todo o processo foi realizado no *software* QGIS.

b) Materiais Inconsolidados (MI)

As informações sobre os solos foram adquiridas por meio do levantamento dos materiais inconsolidados das BHCBVT, uma vez que os mapeamentos dos solos brasileiros ainda são realizados em escalas pequenas e médias, com menor detalhamento, não sendo compatível com a escala deste trabalho.

Os materiais inconsolidados são compreendidos como todos os materiais que estão sobrejacentes à rocha, independentemente de serem residuais ou retrabalhados (Zuquete, 1987). São materiais resultantes das ações dos processos secundários sobre as rochas.

Com intuito de realizar a caracterização desses materiais, foi utilizada a base cartográfica construída nesta tese, juntamente a análise do mapeamento elaborado por Nishiyama (1998). Além disso, utilizou-se de fotografias aéreas na escala de 1:25.000 obtidas em 1979, que pertencem ao IBC (Instituto Brasileiro do Café) e de imagens *Planet*. Contínuo a isso, fez-se a demarcação preliminar das unidades de materiais inconsolidados do mapa de Nishiyama, o que resultou no mapa preliminar para conferência e correções necessárias dos limites de materiais inconsolidados. Esse mapeamento preliminar serviu também para definir os locais para coletar amostras deformadas

Para a composição das classes de materiais inconsolidados das BHCBVT, foram levantados em campo os afloramentos rochosos e contatos entre as distintas litologias já mencionados. Utilizaram-se dados obtidos por sondagens de simples reconhecimento – SPT, conforme o estudo de Andrade (2005), e dados de observações e amostragens deformadas e indeformadas da pesquisa de Nishiyama (1998), totalizando 19 pontos de ensaios e observações. Além disso, foram utilizadas informações obtidas das perfurações de poços subterrâneos fornecidas pelos dados de outorga do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas), disponibilizados na plataforma do IDE-SISEMA (Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), perfazendo um total de 44 medidas, além de realizar paradas para observação em 57 pontos na área das BHCBVT. Foram extraídas

também 210 amostras deformadas na área de estudo e levadas para o laboratório de análise granulométrica, com o intuito de caracterizar os materiais inconsolidados conforme descrito em Zuquete (1987) e Zuquette e Gandolfi (2004). Além disso, realizaram-se a reclassificação e o refinamento do mapeamento de Nishiyama (1998), incluindo a classe Hidromórfico, definida por meio da composição colorida natural das imagens *Planet* e das observações de campo.

Para tanto, percorreu-se todas as unidades preliminarmente delimitadas, procurando visualizar a sequência de materiais de superfície na paisagem para registrar a localização dos mesmos e estabelecendo uma legenda prévia. Essa identificação propiciou a definição dos pontos de amostragem, seguindo a proposta de Zuquette e a homogeneidade das unidades definidas no mapeamento de Nishiyama. Todavia, devido à falta de acessibilidade às áreas de amostragem, aos custos da coleta e das análises laboratoriais, à repetitividade e à semelhança das amostras, foram selecionados 53 locais de amostragem.

Em seguida, procedeu-se às amostragens e aos ensaios *in situ* para coletar as amostras dos materiais para análises posteriores em laboratório, além de realizar observações em barrancos, afloramentos rochosos e outros aspectos gerais da paisagem.

Algumas feições visíveis no campo, como a mudança textural, a cor e a forma das partículas; a presença ou ausência de linhas de seixos na camada inconsolidada; as relações texturais com o substrato rochoso; o hidromorfismo; e os aspectos do relevo, como os índices de declividade, auxiliaram sobremaneira na definição das classes dos materiais inconsolidados.

b.1) Amostragem sobre materiais inconsolidados

Efetuiu-se à coleta de amostras deformadas dos materiais inconsolidados em diferentes locais e conforme a acessibilidade aos pontos. Para a realização das amostragens, utilizou-se um trado manual espiral de 4” até uma profundidade máxima de 100 cm. Sendo assim, foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 20 cm; 20 a 40 cm; de 40 a 60cm; 60 a 100 cm, perfazendo um total de quatro amostras por ponto, totalizando 210 amostras. Em dois pontos foram coletadas amostras em três profundidades devido a espessura do material inconsolidado. O procedimento de amostragem se deu da seguinte forma:

1º passo: realizou-se a limpeza do local, onde foi retirada toda vegetação presente na superfície, raízes e outros materiais sobre a superfície, utilizando-se de enxada. Em seguida, efetuou-se a tradagem para amostragem dos MI;

2º passo: foram feitas as coletas de amostras nas diferentes profundidades já mencionadas, sendo, a amostra coletada em cada uma das profundidades, colocada em saco plástico resistente, identificada através de uma etiqueta com informações a respeito do local, número do ponto, profundidade e data da amostragem;

3º passo: efetuou-se a secagem das amostras ao ar livre e a sombra. Foram destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm;

4º passo: as amostras foram novamente armazenadas em sacos plásticos resistentes, com identificação de todos os dados necessários mencionados no 2º passo e, posteriormente levadas para o LAMAS;

5º passo: No LAMAS, realizou-se o procedimento para caracterização dos materiais inconsolidados quanto a sua textura, pelo método da pipeta, com base no Manual de Métodos de Análise de Solo da Embrapa de 2017 (Teixeira *et al.*, 2017). Esse procedimento encontra-se detalhado em “*Análise Granulométrica*”.

As Fotos 1, 2 e 3 apresentam atividades realizadas entre o 1º e o 3º passo do procedimento da amostragem.

Ainda em campo observou-se a presença ou não de umidade, o grau de compactação (dificuldade de desfazer torrões utilizando a pressão dos dedos), a resistência à perfuração com o trado manual (dificuldade de iniciar a perfuração) e cor dos MI.

Foto 1 – Primeiro passo: limpeza do local com enxada e tradagem com trado manual.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 2 – Segundo passo: coleta das amostras com armazenamento em sacos plásticos; Caderneta de campo para anotações diversas e identificação do ponto amostrado.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 3 – Terceiro passo: secagem das amostras ao ar livre e a sombra.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

b.2) Análises visual e tátil

A cor³ do solo é uma característica morfológica de suma importância para auxiliar na classificação dos materiais inconsolidados, devido sua fácil visualização e determinação (Santos *et al.*, 2005). Ela pode ser uma resposta as mudanças de relevo, profundidade, clima, vegetação, aeração, material de origem, grau de intemperismo, mineralogia e concentração de matéria orgânica.

Nesse contexto, a classificação da cor dos materiais inconsolidados, da maior quantidade de amostras da área de estudo, foi feita em campo e pequena parcela em gabinete, ao retornar do campo, ainda com as amostras possuindo umidade ambiente (estado úmido).

Foi realizada também a caracterização preliminar visual e tátil por meio dos testes: sensação ao tato; plasticidade; resistência a seco; e impregnação:

a) Sensação ao tato: é usado para definir a sensação predominante na palma da mão. Conforme Santos *et al.* (2005), para sua realização, umedece uma porção da amostra de terra, coloca-a na palma da mão e trabalha ali até formar uma massa homogênea sem excesso de água. Esfrega-se essa porção de terra entre os dedos (o polegar e o indicador) e, com isso, a sensação produzida é avaliada, obtendo a sensação de aspereza, sedosidade e pegajosidade, geralmente associados com as proporções de areia, silte e argila, respectivamente;

b) Plasticidade: é a propriedade de um corpo mudar de forma. Com uma fração de terra umedecida molda-se bolinhas ou cilindros (cobrinhas). Se a porção da mostra de terra não formar uma “cobrinha” é caracterizada como arenosa. Formou-se o cilindro, mas se ele partir ao tentar dobrá-lo é considerado areno-argiloso e caso o cilindro se dobre, mas fratura-se ao tentar fazer um círculo é argilo-arenoso. Se conseguir curvar a amostra, já em formato de cilindro, em forma de círculo sem se rachar, essa terra é argilosa (Pinto, 2006).

c) Resistência a seco: esse teste serve para averiguar a resistência do solo. Segundo Pinto (2006), para essa averiguação deve-se umedecer a amostra de terra e, em seguida, moldar uma pelota irregular, geralmente no tamanho de 2 cm, e aguarde secar ao ar por volta de vinte e quatro horas. Ao tentar quebrar a pelota observa-se que as argilas fazem com que a pelota fique muito dura e, quando quebrada, divide-se em pedaços bem distintos. Os siltes formam torrões menos resistentes e ao serem quebrados com a pressão dedos se pulverizam.

³ COR: É uma propriedade física que possibilita a compreensão de diversas informações a respeito dos materiais inconsolidados, tais como: conteúdo de matéria orgânica (MO), tipificação de óxidos de ferro; drenagem; formas reduzidas de Fe, entre outros exemplos. Daí a importância de sua caracterização de forma padronizada (Santos *et al.*, 2005, p. 12)

d) Impregnação: Esse teste exige, primeiramente, a preparação de uma pasta de solo, para qual é necessário umedecer com água uma fração de terra. Após, deve-se esfregar essa pasta em uma das mãos e, em seguida, colocar esta mão embaixo de uma torneira com vazão moderada e observar como o solo vai sendo retirado. Se a mão é limpa facilmente, o solo é arenoso. Se, após a fricção do solo entre uma e outra e sob água corrente, a mão apresentar mancha mais clara, o solo é siltoso. Já o solo argiloso requer maior força ao friccionar a palma da mão, mesmo assim, a mão apresentará uma mancha escura, pois os solos finos se impregnam com maior facilidade na pele (Nogueira, 2005; Pinto, 2006).

b.3) Ensaio de laboratório

O ensaio feito em laboratório se constitui na análise textural dos MI (Análise Granulométrica).

A análise granulométrica seguiu os procedimentos do método sedimentação, ou método da pipeta, realizada com base no Manual de Métodos de Análise de Solo (Teixeira *et al.*, 2017), proporcionando à quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais de minerais do solo.

O procedimento operacional utilizado nessa análise visa à ruptura dos agregados do solo e a individualização dessas partículas, por meio de uma combinação de energia mecânica e química, com a formação de uma suspensão estabilizada, e a quantificação após a separação das frações (Teixeira *et al.*, 2017).

Nesse sentido, ocorre a determinação do teor de diferentes partículas do solo com a diferenciação de suas frações granulométricas (Tabela 1). Segundo De Maria *et al.* (2021)

a organização das partículas em classes de tamanho tem diversas aplicações, desde o conhecimento e classificação dos tipos de solos até o estabelecimento de práticas de manejo agrícola e de gestão ambiental. A separação das partículas minerais individuais em classes de tamanho determina as frações granulométricas do solo (De Maria *et al.*, 2021, p. 3).

Tabela 1 – Frações granulométricas dos solos.

| Tamanho da partícula (mm) | Classe |
|---------------------------|----------|
| > 200 | Matacão |
| 20 – 200 | Calhau |
| 2,0 – 20 | Cascalho |
| 0,0053 – 2,0 | Areia |
| 0,002 – 0,053 | Silte |
| < 0,002 | Argila |

Fonte: Santos *et al.* (2013) e Almeida *et al.* (2012). Organizado pela autora (2021).

Geralmente, em laboratório, a fração areia pode ser separada em areia fina (0,053 a 0,210 mm) e areia grossa (0,210 a 2,00 mm), que ainda podem ser definidas em cinco frações (Tabela 2).

Tabela 2 – Frações areia em cinco classes.

| Classe | Tamanho da partícula |
|--------------------|-----------------------------|
| Areia Muito Grossa | 1 – 2 |
| Areia Grossa | 0,50 – 1 |
| Areia Média | 0,25 – 0,50 |
| Areia Fina | 0,105 – 0,25 |
| Areia Muito Fina | 0,053 a 0,105 |

Fonte: Santos *et al.* (2013). Organizado pela autora (2021).

Dentro desse contexto, prosseguiu-se para a determinação da textura dos materiais inconsolidados, utilizando as amostras coletadas, secas, destorroadas e analisadas no LAMAS, conforme já mencionado.

Foram realizados os seguintes passos dentro do mencionado laboratório para determinação da textura dos MI:

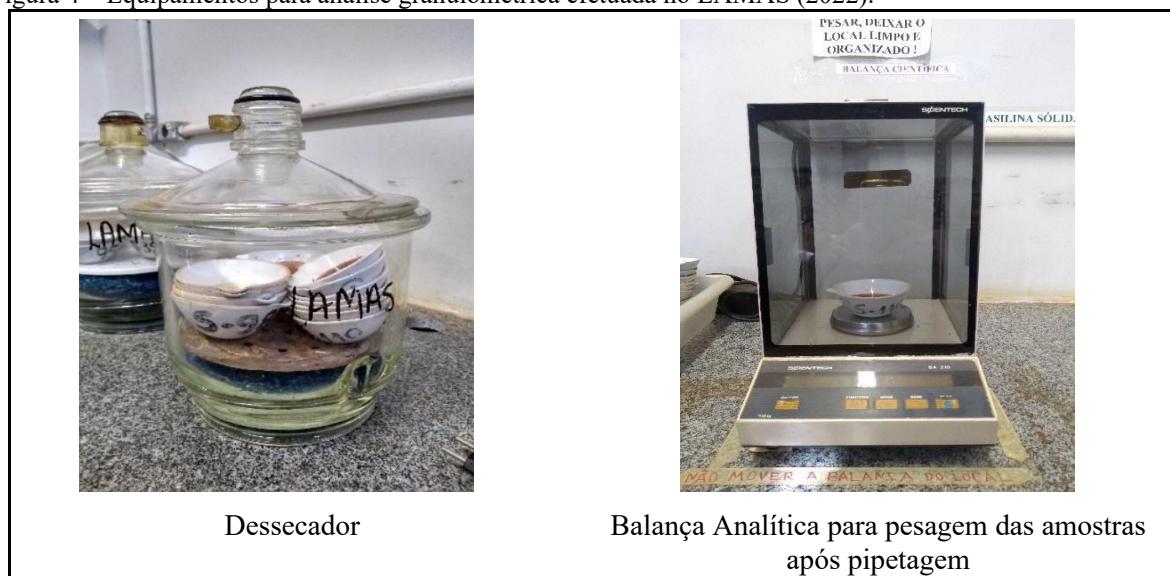
- As amostras dos materiais inconsolidados foram passadas na peneira de 2mm para separar as partículas maiores que 2mm, as quais ficaram retiradas nessa peneira e, posteriormente foram transferidas para o conjunto de peneiras de tamanhos crescentes de abertura das malhas, visando a separação das partículas de maiores tamanhos;
- As frações retidas nas peneiras foram lavadas separadamente com água e colocadas para secagem na estufa (110°C). Após isso, é feita a pesagem delas e calculada a proporção dessas frações em relação à massa total da amostra (úmida);
- Foram pesadas 10 gramas da TFSA que passou na peneira de 2mm para iniciar o processo de análise. Assim, esse material foi colocado em um recipiente de vidro onde foram introduzidas 12 esferas e adicionados 50 ml de NaOH (Hidróxido de Sódio) como dispersor químico e levadas em frascos à agitação mecânica. A agitação perdura por 16 horas no agitador mecânico a aproximadamente 180 rpm (rotações por minuto);
- Após a agitação, as amostras foram lavadas com a piseta contendo água destilada, utilizando duas peneiras para reter as areias. A peneira de 0,210 mm reteve a areia grossa e a peneira 0,053 mm reteve a areia fina. Assim, silte, argila e o hidróxido de sódio passaram pela peneira e ficaram retidos no béquer, sendo transferidos para a proveta de 1000 ml. Enquanto as areias ficaram retidas nas peneiras e foram transferidas para as latas de alumínio, devidamente identificadas;

- Para o processo de pipetagem, primeiramente posicionou-se as provetas e as referidas capsulas. Em seguida, procedeu-se à análise do silte e da argila. Vale mencionar que a determinação do tempo para amostragem das frações argila-silte e da fração argila se dá pela lei de *Stokes*, a qual relaciona o tamanho da partícula com a velocidade com que ela sedimenta em meio líquido. Dessa forma, quanto maior a partícula, mais rapidamente ela irá se depositar no fundo da proveta de ensaio.
- Procedeu-se à agitação do material da proveta, manualmente, por um minuto com o bastão agitador. Feito isso, foram aguardados 4 minutos de descanso e fez-se uma pipetagem de 25 ml desse material na profundidade de 10 cm, transferindo o volume coletado para a porcelana devidamente identificada para em seguida levar à estufa para determinar silte mais argila. Após 4 horas dessa pipetagem, inseriu novamente a pipeta no *backer*, porém na profundidade de 5 cm e colheu 25 ml do líquido e o colocou no recipiente de cerâmica, levando-o a estufa para determinação da argila.
- As latas de alumino (areia grossa e areia fina) mais as porcelanas (silte+argila) foram secar na estufa a 105°C por cerca de 24 horas;
- Completadas as 24 horas, as latas e porcelanas foram retiradas da estufa e levadas para o dessecador e, após esfriar, foi realizada a pesagem e calculados os percentuais.

A classe textural definida nesta análise foi estabelecida de acordo com o teor de argila, sendo: 0 – 15% = arenoso; 15 – 30% = médio; 30 – 60% = argiloso; e > 60% = muito argiloso.

As Figuras 4 e 5 apresentam alguns registros de equipamentos e materiais utilizados no processo da análise granulométrica.

Figura 4 – Equipamentos para análise granulométrica efetuada no LAMAS (2022).



Dessecador

Balança Analítica para pesagem das amostras após pipetagem

Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Figura 5 – Equipamentos e materiais para análise granulométrica efetuada no LAMAS (2022).



Amostras após secagem ao ar livre e antes de serem peneiradas



Mesa agitadora com as amostras em dispersão



Procedimento de lavagem – utilização de piseta e água destilada



Organização das provetas e capsulas



Agitação manual



Pipetagem

Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

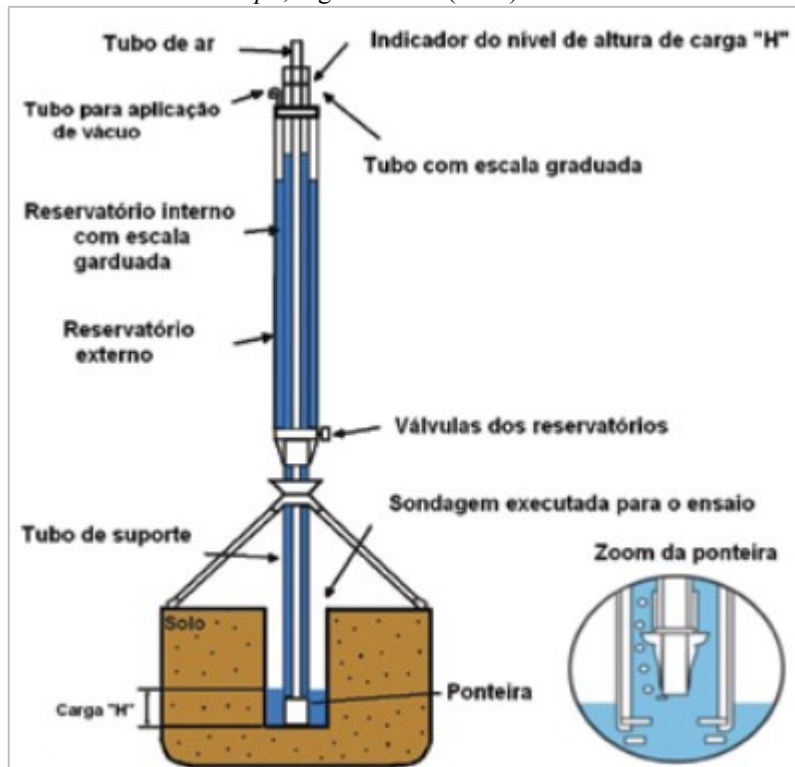
b.4) Ensaios *in situ*

Os ensaios *in situ* se configuram nos ensaios de campo que foram feitos com intuito de auxiliar na caracterização dos materiais inconsolidados quanto à sua condutividade hidráulica, ou seja, visando caracterizar esses materiais quanto à sua capacidade de permitir a passagem da água da superfície para o interior do solo.

Para isso, foram realizados ensaios de infiltração de água *in situ* em diversos locais da área de pesquisa, utilizando o Permeômetro *Guelph*. Fisicamente, esse equipamento possui um reservatório que permite medir a vazão do fluxo da água por frações de tempo, obtendo assim, o valor de k (Coeficiente de Permeabilidade).

Segundo Soto (1999), o Permeômetro *Guelph* foi desenvolvido por Reynolds e Elrick, em 1983 e aperfeiçoado em 1985, na *University of Guelph*, Canadá. Consiste em um conjunto de tubos concêntricos. Nesse conjunto, o tubo central tem a função de permitir a entrada de ar e regular o nível d'água (altura H) dentro do furo de sondagem, enquanto que os demais fazem a função de reservatório e suporte. Configura-se em tubo com escala graduada, reservatório interno, tubo de suporte, reservatório externo, válvula do reservatório e ponteira do permeômetro (Figuras 6 e 7; Foto 4).

Figura 6 – Esquema do Permeômetro *Guelph*, segundo Soto (1999).



Fonte: Barboza *et. al.*, (2007).

Foto 4 – Trado (à esquerda) e Permeâmetro Guelph (à direita) em área de pastagem. B: Ensaio de permeabilidade em área de plantio de chuchu – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Figura 7 – Detalhes na execução do ensaio de permeabilidade in situ com o Permeâmetro *Guelph* – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Os resultados desses ensaios são interpretados em conformidade ao método teórico desenvolvido por Reynolds e Elrick em 1983 com base na equação de Richards (1931), segundo Soto (1999), para fluxo permanente num furo cilíndrico. Esse fluxo é aproximado por uma equação onde a vazão (Q) é determinada pela Equação 1:

$$Q = R.A \quad (1)$$

Sendo Q a vazão do regime permanente; R é a razão da vazão constante obtida durante os ensaios; e A é a área do reservatório do permeâmetro utilizado (36,19 cm²).

Para determinar os parâmetros que correspondem a infiltração dos solos é usado o método de carga hidráulica proposto por Elrick *et al.* (1989) *apud* Soto (1999). Esse método, conforme mencionam Costa e Nishiyama (2007), consiste em aplicar uma altura de carga hidráulica constante (H), atingindo o regime permanente. Alcançado o o regime permanente, a vazão Q e a condutividade hidráulica saturada de campo (K_{fs}) são determinados pela a Equação 2:

$$K_{fs} = \frac{cQ}{\left(2\pi H^2 + \pi a^2 C + \frac{2\pi H}{\alpha}\right)} \quad (2)$$

Em que: C é o parâmetro fator de forma, que depende da relação H/ α e do tipo do solo, e que, conforme Soto (1999), a *Soilmoisture Equipment Corp*, fornece o fator C para três classes de solos de acordo com a macroporosidade e textura; H é altura da carga hidráulica utilizada (3 cm); e α é o raio do orifício aberto pelo trado no solo (3,1 cm).

Para o cálculo da permeabilidade foi feita uma estimativa de α , segundo Elrick *et al.* (1989) *apud* Soto (1999), em que o solo foi avaliado visualmente, *in situ*, quanto à sua macroporosidade (fissuras, formigueiros, furos de raízes, entre outros) e textura, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Dados para o parâmetro α .

| α (cm ⁻¹) | TIPO DE SOLO |
|------------------------------|--|
| 0,01 | Argilas compactadas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos) |
| 0,04 | Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras |
| 0,12 | Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos |
| 0,36 | Areia grossa inclui solos com macroporosidade e fissuras evidentes |

Fonte: Soto (1999). Org.: A autora (2021).

Portanto, na presente pesquisa foi o utilizado o valor 0,12 para o parâmetro α , por ser o que melhor se enquadrava nas características dos materiais inconsolidados analisados em geral.

Os locais definidos para a realização dos ensaios de infiltração foram aqueles que representassem melhor a compartimentação topográfica (divisores de água e baixas encostas) e a cobertura e uso da terra (vegetação natural, agricultura, pastagens, silvicultura, entre outros usos).

Foram realizados ensaios em trinta e seis pontos, determinando assim, setenta e dois coeficientes de permeabilidade nas profundidades 10 cm e 40 cm. Esses ensaios foram feitos sob carga constante, em furos realizados com uso de um trado, onde pequenas cargas piezométricas são mantidas constantes.

Para a execução do ensaio com o Permeômetro *Guelph*, primeiramente foi realizado um furo de sondagem, através de um trado manual para a remoção do material solto no fundo do furo. Na sequência, foram conectados os tubos de água e de ar ao corpo do permeômetro e com um tripé foi ajustada a verticalidade do equipamento. Feito isso, os dois reservatórios do permeômetro foram preenchidos com água desaerada e, então, fechada a entrada de água para a aplicação do vácuo. Assim, passou-se a fase de percolação.

Na fase da percolação ocorre o regime transitório da água, sendo que o solo vai aos poucos se tornando saturado, onde é possível a identificação de diferentes permeabilidades em razão da estratificação, do bloqueamento dos poros ou da compactação (Costa, 2008).

Vale mencionar que em todos os pontos de amostragem e dos ensaios com Permeômetro *Guelph* foram também feitas observações *in loco* para auxílio na determinação dos materiais inconsolidados, totalizando em noventa e sete pontos observados, além das observações por caminhamento.

c) Aspectos do Relevo

A distinção do relevo das BHCBVT consistiu na identificação e análise da hipsometria e declividade, oferecendo informações capazes de distinguir suas características. Além disso, utilizaram-se de observações feitas durante os trabalhos de para demonstrar os desníveis locais, o que proporcionou informações que evidenciaram os fundos de vale, áreas elevadas, altimetria e a determinação das curvas de nível.

A hipsometria foi realizada com o auxílio do QGIS, mediante a utilização do MDE gerado após vetorização das curvas de nível das cartas topográficas. Essa vetorização foi manual, em tela, para obter melhor detalhamento do produto final, alcançando dados mais fidedignos possíveis.

O mapa hipsométrico visou representar as variações da superfície do terreno por meio de classes altimétricas, demonstradas por uma graduação de cores. Já a declividade foi estabelecida pela importação do MDE, com base nas distâncias no plano horizontal e nos desníveis topográficos expressos pelas curvas de nível e pelos pontos cotados vetorizados das

cartas topográficas. Com isso, determinou-se a inclinação do relevo e sua consequente declividade, e foram obtidas as porcentagens relativas aos desníveis do terreno.

As classes de declividade foram estabelecidas a partir da adaptação dos intervalos de limites de classes propostos por Ross (1994), com valores estabelecidos embasados em estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola, associados aos valores limites da geotecnia. A classificação de declividade de Ross possui as classes: <3%; 3 a 6%; 6 a 12%; 12 a 20%; 20 a 30%; 30 a 50%; e >50%. Nesse sentido, os intervalos de classes da declividade da área da pesquisa foram estabelecidos em: <3%; 3 a 6%; 6 a 12%; 12 a 20%; >20%. Essa escolha busca separar as classes de forma a proporcionar uma melhor leitura dos declives da área de estudo, possibilitando ao leitor melhor visualização e compreensão do mapa e visando um planejamento mais detalhado. A declividade se expressa em uma das variáveis de análise de fragilidades e potencialidades ambientais, sendo considerada uma informação indispensável na elaboração do planejamento ambiental (Ross, 1994; Santos, 2004).

d) Nível de Água (NA)

Para a caracterização desse atributo, tomou-se como base o estudo de Nishiyama (1998) e dados secundários de Andrade (2005), incluindo pontos de observação e sondagens de simples reconhecimento (SPT). Além disso, foram feitas análises de mapas topográficos, fotografias aéreas e imagens de satélite, e observações de afloramentos rochosos, áreas úmidas, presença de nascentes e formas de relevo. Esses determinantes foram confirmados posteriormente em campo. Foram utilizadas vinte e oito medidas de cisternas e nascentes, obtidas por levantamento em campo e pelos dados do IGAM sobre o uso insignificante, disponibilizados na plataforma do IDE-SISEMA. O Mapa 2 mostra os pontos analisados.

A análise conjunta possibilitou a determinação das classes de NA. Com os dados em mãos, realizou-se a seleção e organização e, utilizando o *software* QGIS, foram feitos o refinamento e a reclassificação do mapeamento de Nishiyama (1998), resultando na elaboração do mapa desta tese com as classes do NA.

e) Espessuras dos Materiais Inconsolidados (EMI)

Em razão do pequeno número de áreas com exposição das coberturas inconsolidadas, tornou-se difícil a classificação desse atributo. No entanto, algumas erosões mais profundas e barrancas de local de retirada de areia possibilitaram análise direta no campo.

Diante das dificuldades encontradas para levantar as espessuras do MI por observação direta no campo, procurou-se definir seus valores por meio de estimativas baseadas na avaliação da altimetria, profundidade do NA, correlações a pequena distância entre situações conhecidas de espessura de MI e da profundidade do substrato rochoso, conforme aferido em relatórios técnicos de outorga subterrânea do IGAM, disponibilizados na plataforma do IDE-SISEMA, bem como em campo.

Nesse sentido, utilizaram-se de procedimentos adotados por Nishiyama (1998) e, em seguida, foi feita a validação dos dados com o refinamento e a reclassificação das camadas de espessuras de MI elaboradas pelo autor citado. Após esse procedimento, as classes foram apresentadas no mapa “*Classes das Espessuras dos Materiais Inconsolidados das BHCBVT*”. Sendo assim, para determinação dessas classes, foram realizados: a estimativa da espessura dos MI com auxílio do mapa de hipsometria, definindo o nível topográfico do topo da camada rochosa e cotas sucessivas até atingir o topo do relevo; a identificação do desenvolvimento de corredeiras e quedas d’água, que indicam a presença de materiais rochosos mais resistentes; a utilização dos dados de profundidade de poços contidos no formulário técnico de outorga, que compõem o processo de regularização ambiental, disponíveis no site do SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental; a observação da presença do nível d’água em pontos de exfiltração de água, que, na área estudada, é condicionada pelo substrato rochoso moderadamente impermeável; a aferição de rugosidade superficial, observada nas fotografias aéreas de 1979 e imagens *Planet*, indicando a influência do substrato rochoso de pequena profundidade no desenvolvimento dos elementos de textura do relevo; e a realização das correlações entre uma ou mais situações de afloramentos e uma situação de não afloramento de material rochoso para estimar a profundidade do substrato rochoso e da espessura dos MI. Ao identificar um topo rochoso exposto em um determinado ponto, pode-se estimar a sua presença em um outro local, a alguns quilômetros de distância. Com a utilização do mapa topográfico da área, em escala 1:25.000, e reconhecendo o provável nível topográfico (cota) no ponto que se deseja determinar a profundidade dos materiais estudados, pode-se estimar a espessura dos mesmos.

Destarte, para representação das espessuras dos MI, utilizaram-se valores compatíveis com a escala de trabalho, definindo assim suas classes.

f) Condições Climáticas (C)

O levantamento e as análises das condições climáticas da área da pesquisa ocorreram por meio de referências bibliográficas e obtenção dos dados de precipitação e temperatura registrados no período de 1994 a 2023 (30 anos), a fim de verificar mudanças climáticas ao longo do tempo, sendo elaborado um climograma no programa *Microsoft Excel*, a partir da organização, tabulação e tratamento inicial dos dados feitos também neste programa.

Os dados de temperatura e precipitação referentes ao período de 1994 a 1996 foram registrados pela estação meteorológica do Parque do Sabiá e os dados de 1997 a 2013 pela estação meteorológica do Instituto de Geografia da UFU e adquiridos no Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do mesmo instituto. Já os dados de 2014 a 2023 foram adquiridos do BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

g) Cobertura e uso da terra

Para o levantamento e mapeamento da cobertura e uso da terra das BHC BVT foram realizados *downloads* de imagens de satélite *Planet*, disponibilizadas gratuitamente no site <https://www.scon.com.br/produtos/imagens-planet/>. Essas imagens são obtidas pela constelação de 130 satélites Dove, com órbita circular, heliosíncrona, descendente, de 51.6° a 98° de inclinação conforme a órbita, na altitude de 390 a 500 km conforme a órbita (ISS ou SSO). Essa constelação permite a aquisição de imagens de grandes áreas com alto padrão de qualidade e precisão planimétrica (SCCON, 2022). As características da órbita e das imagens *Planet* estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Características da órbita e das imagens *Planet*.

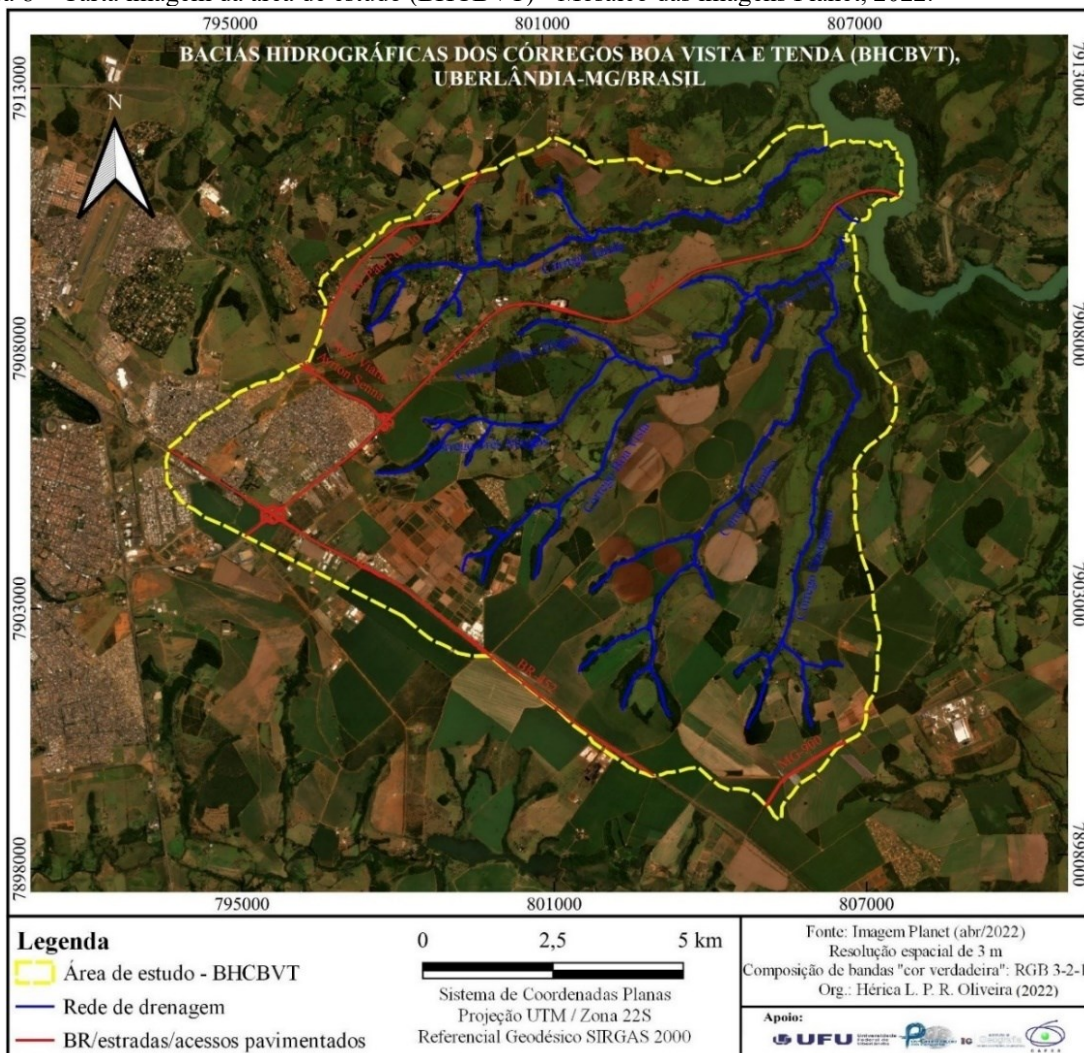
| | |
|-------------------------|--|
| Resolução Radiométrica | 12 bits |
| Resolução Espacial | 3 metros |
| Bandas Espectrais | Banda 1 – 344 a 515 nm (Azul) Banda 2 – 500 a 550 nm (Verde) Banda 3 – 590 a 670 nm (Vermelho) Banda 4 – 780 a 860 nm (Infravermelho próximo) |
| Tamanho da cena | De 20 km x 12 km até 24.6 km x 16.4 km, em nadir conforme o satélite e a órbita |
| Precisão de localização | 10m RMS (CE 90) no Nadir sem pontos de controle |

Fonte: SCCON (2022). Org.: A autora (2022).

A escolha pelas imagens *Planet* se deu por elas possuírem resolução espacial de 3 metros, sendo assim considerada de alta resolução, possibilitando a avaliação mais detalhada dos objetos, além de serem gratuitas. Assim, foram utilizadas as imagens *Planet* de abril de 2022 para a elaboração do mapeamento da cobertura e uso da terra atual das BHCbVT. Após a seleção das imagens, foram escolhidas as cenas L15-0749E-0913N; L15-0749E-0914N; L15-0750E-0913N; e L15-0750E-0914N.

Após processadas as imagens, foi gerada uma carta imagem, utilizando-se o QGIS, por meio da sobreposição da composição das bandas em “cores verdadeiras” (RBG 3-2-1), juntamente as informações da rede hidrográfica, rede viária e o limite das BHCbVT (Figura 8). Depois disso, foram preestabelecidas as classes de uso da terra a serem mapeadas e logo em seguida, foi preparada uma legenda preliminar, para que, após os trabalhos de campo, essa classificação pudesse nortear a caracterização das glebas identificadas.

Figura 8 – Carta imagem da área de estudo (BHCbVT) - Mosaico das imagens Planet, 2022.



Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2022).

O mapeamento de cobertura e uso da terra foi elaborado por meio da interpretação visual das imagens em tela de computador. Procedeu-se então à vetorização manual das classes de uso e cobertura da terra e foi feita a interpretação de propriedades das imagens analisadas no Sensoriamento Remoto, considerando cor, tonalidade, textura, padrão, tamanho, sombra, forma e limite das diferentes categorias contidas nas imagens. As cores das classes do mapa de cobertura e uso da terra foram baseadas no Manual Técnico de Uso da Terra designado pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), na coleção 7 do MapBiomas (2022) e por definição própria mais aproximada da realidade. Assim, foram delimitadas 12 classes de cobertura e uso da terra, as quais estão apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Descrição das classes de cobertura e uso da terra para as BHCbVT.

| Classes de cobertura e uso | Descrição |
|--|--|
| Agricultura | Áreas utilizadas para cultivo agrícola podendo ser permanente ou temporário (com utilização de maquinário pesado). |
| Agricultura em pivô | Áreas utilizadas para agricultura irrigada por pivô central (com utilização de maquinário pesado) |
| Área urbanizada | Uso urbano (bairros e loteamentos urbanos - residenciais e comércios) - predominantemente impermeabilizada |
| Bacias de retenção/detecção de drenagem pluvial | Tanques de retenção e infiltração da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi |
| BR/estradas/aceessos pavimentados | Vias pavimentadas, incluindo suas faixas de domínio |
| Chácaras | Espaços compostos por loteamentos/condomínios de chácaras na zona rural |
| Cobertura vegetal nativa | Remanescentes das fitofisionomias do Cerrado |
| Corpos d'água | Qualquer acumulação significativa de água (Córregos, barramentos) |
| Hortifruticultura | Áreas marcadas pela presença de plantações de hortaliças, legumes e frutas |
| Mosaico de ocupações | Áreas com presença de edificações na zona rural, como barracões, sedes, currais cobertos |
| Pastagem | Gramíneas utilizadas para pastagem de gado ou campos abertos |
| Silvicultura | Fragmentos associados normalmente aos eucaliptos e pinus |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Após a organização do mapa, foi feito trabalho de campo para aferir as informações mapeadas, fechando assim, com a validação do mapa. Sinteticamente, as informações inseridas nesse mapeamento foram obtidas por meio da interpretação visual das imagens, incluindo:

processamento digital da imagem (mosaico, segmentação, classificação dos segmentos), trabalho de campo preliminar e interpretação visual preliminar com descrição dos dados das classes identificadas, e trabalho de campo para aferição final e validação do mapa de cobertura e uso da terra.

h) Aspectos antrópicos

O levantamento dos aspectos antrópicos refere-se à ocupação e uso da terra, às atividades socioprodutivas e culturais desenvolvidas nas BHCbVT e aos serviços básicos. Para isso, foram utilizados dados secundários obtidos em bibliografias de estudos realizados na área e órgãos municipais, além de dados primários alcançados e gerados por meio das imagens de satélite e por observações realizadas em campo.

Sendo assim, os dados secundários foram levantados pelo *site* da Prefeitura Municipal de Uberlândia, em visitas *in loco* à Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação, ao Departamento Municipal de Água e Esgoto do município de Uberlândia e aos Conselhos Comunitários de Desenvolvimento Rural: Tenda Moreno, Olhos D'água e Cruz Branca. Além desses, foram obtidas informações em estudos diversos realizados em porções das BHCbVT, como os de Arantes (2003), Andrade (2007) e Santos e Santos (2017).

Sobre os dados primários, esses foram alcançados por meio de observações da pesquisadora e constatações relacionadas aos equipamentos básicos de infraestrutura *in loco*. Foram também obtidos através da análise das imagens de satélite de alta resolução já mencionadas.

Vale ressaltar que os trabalhos de campo foram essenciais e possibilitaram a constatação dos elementos da paisagem antrópica, bem como o registro de dados perceptivos à visão da pesquisadora. Não foram realizadas aplicações de questionários ou feitas entrevistas formais com as pessoas, mas foram realizadas algumas conversas informais, a partir das quais foi possível confirmar as observações feitas.

i) Avaliação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais

Com intuito de verificar as condições da qualidade dos cursos d'água das BHCbVT, visando os múltiplos usos desse bem natural, foram realizadas análises físico-químicas e

microbiológicas das águas superficiais e investigação da concentração de elementos potencialmente tóxicos dos sedimentos fluviais.

- **Pontos de coleta, Tratamento e Análise de Água e Sedimentos**

Para a realização das amostragens foram utilizados vários materiais e equipamentos de campo, os quais estão descritos no Quadro 3 (Materiais utilizados na pesquisa), sendo que alguns deles estão apresentados nas Figuras 9 e 10.

Figura 9 – Amostra da preparação dos materiais utilizados nas amostragens de água (frascarias, embalagens plásticas, pisetas, jarra, fixador de aparelhos e coletor com braço retrátil para coleta de água).



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Figura 10 – Amostra dos equipamentos utilizados na realização das amostragens de água e ensaios *in situ*.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

As ações de planejamento e execução das amostragens de água e sedimentos se basearam no Guia Nacional de Coleta de Amostras – água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo de 2011, que é referência em nível nacional.

Com base na legislação brasileira, foram definidos os parâmetros em que as amostras deveriam ser avaliadas e foram definidos os períodos para as amostragens. Feito isso, buscou-se por empresas confiáveis que pudessem realizar os serviços de análise e que cumprisse com as leis correspondentes à avaliação das águas superficiais e dos sedimentos fluviais.

Assim sendo, foram consideradas as melhores formas de acondicionamento e preservação das amostras e prazo para realização dos ensaios, seguindo as orientações do Guia Nacional de Coleta da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB de 2011 e American Public Health Association - APHA de 2012.

Diante disso, foram definidos pontos que representassem os diferentes espaços de cobertura e uso da terra das BHCbVT, com melhor acessibilidade e permissão de acesso. Assim, a coleta dos materiais analisados foi realizada em oito pontos distribuídos ao longo dos cursos d'água das BHCbVT e em duas campanhas, sendo uma na estação inverno/seca (agosto de 2022) e outra na estação verão/chuvosa (março de 2023), totalizando dezesseis amostras de água superficial e dezesseis de sedimentos fluviais, conforme apresentadas no Quadro 11.

Em todos os pontos definidos foram coletadas amostras de águas superficiais e de sedimentos fluviais, sendo que em cada coleta ocorreu o registro de dados como: horário, fonte e coordenadas UTM, além de outros dados que estão descritos a seguir.

As amostras de água bruta foram coletadas em superfície, acondicionadas em frascarias apropriadas para preservação e transporte das amostras inseridas, em função do que se é preconizado pelas metodologias normativas, para cada ensaio realizado (Figura 11).

Figura 11 – Amostras de água coletadas e armazenadas temporariamente em seus devidos recipientes.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Os parâmetros analíticos e indicativos da qualidade da água bruta foram definidos em função do conhecimento prévio do uso preponderante e ocupação das terras, onde se desenvolveu o estudo, levando em consideração a legislação vigente (Portaria GM/MS n.º 888,

de 4 de maio de 2021; Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH/MG n.º 8, de 21 de novembro de 2022 água bruta e água potável, respectivamente) que remete sobre a qualidade da água, assim como o significado ambiental de cada ensaio laboratorial, além de se considerar a liberação de acesso aos pontos representativos, conforme mencionam Von Sperling (2005); Flauzino (2008, 2014); Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017); e Bonifácio (2019). No entanto, não se realizou todos os ensaios preconizados pelas legislações citadas, pelo considerável custo para execução dos ensaios que condicionam a qualidade da água.

De acordo com Pereira Guimarães (2020, p. 6),

os critérios estabelecidos de qualidade das águas consistem em limites de concentração de alguns parâmetros importantes para a saúde humana, bem como para a manutenção da flora e da fauna aquática, sendo obtidos tanto no próprio meio quanto em experimentos laboratoriais.

Os laboratórios Triângulo Lab Ltda e Laboratório de Ensaio em Alimentos e Meio Ambiente – LAMAM do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI, ambos de Uberlândia-MG, foram selecionados para a realização dos ensaios de água superficial por apresentarem sistema de gestão da qualidade implantado, baseado na ISO/IEC 17025:2017, alvará sanitário e acreditação junto ao INMETRO – SENAI. Com isso, os ensaios de temperatura, turbidez, pH e cor foram de responsabilidade do primeiro laboratório mencionado e os demais ensaios sob incumbência do SENAI.

Alguns parâmetros foram avaliados *in loco*, no momento da amostragem, tais como: temperatura e pH (Figura 12). Já os frascos de acondicionamento específicos foram encaminhados para os laboratórios escolhidos, onde realizaram-se os ensaios para determinar: Turbidez; Cor; Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO; Fósforo Total; Nitrogênio Total; Sólidos Totais; Oxigênio Dissolvido; *Escherichia coli* (*E. Coli*); Coliformes Termotolerantes; e Coliformes Totais.

Os ensaios para averiguar a qualidade das águas superficiais seguiram as metodologias analíticas utilizadas pelos laboratórios contratados para tais e estão descritos no Quadro 6.

Figura 12 – Ensaio *in loco* – análise pH.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Quadro 6 – Tipos de ensaios e metodologias utilizados pelos laboratórios na realização das análises de qualidade das águas superficiais.

| Itens | Ensaio realizado | Metodologias analíticas |
|-------|--|--|
| 1 | Cor Aparente (mg Pt/l) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater , 23st edition, 2017- Method 2120 B |
| 2 | Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 5210 D |
| 3 | Fósforo Total (mg/kg) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 2540 |
| 4 | Nitrogênio Total (mg/kg) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ,23st edition, 2017 - Method 4500 NO ₃ |
| 5 | Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 4500 O |
| 6 | pH | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ,23st edition, 2017 - Method 4500 -H+ B |
| 7 | Sólidos Totais (mg/kg) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ,23st edition, 2017 - Method 2540 B |
| 8 | Temperatura (°C) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 2550 B |
| 9 | Turbidez (NTU) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 2130 |
| 10 | Coliformes Totais (UFC/mL) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 9215 |
| 11 | Coliformes Termotolerantes (UFC/mL) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 9215 |
| 12 | Escherichia coli (UFC/mL) | Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23st edition, 2017 - Method 9215 |

Fonte: Pesquisa Direta. Elaborado pela autora (2023) a partir das metodologias utilizadas pelo Triângulo Lab Ltda & SENAI (2022; 2023) para a realização dos ensaios descritos neste quadro.

Após a obtenção dos resultados laboratoriais calculou-se o Índice de Qualidade das Águas - IQA por meio de uma planilha em Excel compartilhada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (Figura 13). É um método utilizado para avaliar a qualidade da água, realizado a partir da medição de suas características físicas, químicas e biológicas, classificando-as a partir de parâmetros de qualidade estabelecidos, segundo a Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - SEMIL (2021).

Figura 13 – Planilha para cálculo do IQA, via Excel - Dados dos resultados laboratoriais do Ponto 8 da presente pesquisa.

| | A | B | C | D | E |
|----|--|---------|--------------|----------------------|----------|
| 1 | CÁLCULO DOS PARÂMETROS PARA COMPOSIÇÃO DO IQA | | | | |
| 2 | | | Cálculos | Variáveis | |
| 3 | Oxigênio Dissolvido Saturado | | | | |
| 4 | OD = Valor do Parâmetro | 6,5 | | | |
| 5 | Temperatura | 30 | 6,964750644 | ODSAT | |
| 6 | Ponto 8 Altitude | 739 | 93,3271029 | PORSAT | |
| 7 | | | FALSO | PORSAT <=50 | |
| 8 | | | FALSO | PORSAT >50 OU <=85 | |
| 9 | | | 95,36262066 | PORSAT >85 OU <=100 | |
| 10 | | | FALSO | PORSAT >100 OU <=140 | |
| 11 | | | FALSO | PORSAT >140 | |
| 12 | Resultado do Parâmetro = | | 2,170172671 | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | Temperatura | | | | |
| 15 | TEMP = Valor do Parâmetro | 24,2 | 1,58 | | |
| 16 | Resultado do Parâmetro = | | 1,58 | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | Coliforme Fecal | | | | |
| 19 | COLI = Valor do Parâmetro | 1,8E+02 | 180,0 | | |
| 20 | | | FALSO | COLI <=0 | |
| 21 | | | 2,255272505 | COLI10>0 | |
| 22 | | | FALSO | COLI10 <= 1 | |
| 23 | | | 34,45216834 | COLI10 > 1 OU <= 5 | |
| 24 | | | FALSO | COLI10 > 5 | |
| 25 | Resultado do Parâmetro = | | 1,700522898 | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | PH | | | | |
| 28 | PH = Valor do Parâmetro | 6,69 | 6,7 | | |
| 29 | | | FALSO | PH <= 2 | 85,17108 |
| 30 | | | FALSO | PH > 2 OU <= 4 | |
| 31 | | | FALSO | PH > 4 OU <= 6,2 | |
| 32 | | | 85,17108313 | PH > 6,2 OU <= 7 | |
| 33 | | | FALSO | PH > 7 OU <= 8 | |
| 34 | | | FALSO | PH > 8 OU <= 8,5 | |
| 35 | | | FALSO | PH > 8,5 OU <= 9 | |
| 36 | | | FALSO | PH > 9 OU <= 10 | |
| 37 | | | FALSO | PH > 10 OU <= 12 | |
| 38 | | | FALSO | PH > 12 | |
| 39 | Resultado do Parâmetro = | | 1,704649363 | | |
| 40 | | | | | |
| 41 | DBO | | | | |
| 42 | DBO = Valor do Parâmetro | 2,78 | 2,8 | | |
| 43 | | | 70,956885047 | DBO <= 5 | |
| 44 | | | FALSO | DBO > 5 OU <= 15 | |
| 45 | | | FALSO | DBO > 15 OU <= 30 | |
| 46 | | | FALSO | DBO > 30 | |
| 47 | Resultado do Parâmetro = | | 1,531438049 | | |
| 48 | | | | | |

Continua

| | | | | |
|----|--|-------|-------------|----------------------|
| 49 | NITROGÊNIO TOTAL | | | |
| 50 | NITR = Valor do Parâmetro | 1,68 | 1,68 | |
| 51 | | | 87,13945216 | NITR <= 10 |
| 52 | | | FALSO | NITR > 10 OU <= 60 |
| 53 | | | FALSO | NITR > 60 OU <= 100 |
| 54 | | | FALSO | NITR > 100 |
| 55 | Resultado do Parâmetro = | | 1,563224966 | |
| 56 | | | | |
| 57 | FÓSFORO | | | |
| 58 | FOSF = Valor do Parâmetro | 0,009 | 0,028 | FOSFW |
| 59 | | | 97,40578269 | FOSFW <= 1 |
| 60 | | | FALSO | FOSFW >1 OU <= 5 |
| 61 | | | FALSO | FOSFW >5 OU <= 10 |
| 62 | | | FALSO | FOSFW >10 |
| 63 | Resultado do Parâmetro = | | 1,580732833 | |
| 64 | | | | |
| 65 | TURBIDEZ | | | |
| 66 | TURB = Valor do Parâmetro | 27 | 27 | |
| 67 | | | FALSO | TURB <= 25 |
| 68 | | | 55,02898518 | TURB >25 OU <= 100 |
| 69 | | | FALSO | TURB > 100 |
| 70 | Resultado do Parâmetro = | | 1,377993980 | |
| 71 | | | | |
| 72 | RESÍDUO TOTAL | | | |
| 73 | RESI = Valor do Parâmetro | 9 | 9 | |
| 74 | | | 81,155872 | RESI <= 150 |
| 75 | | | FALSO | RESI > 150 OU <= 500 |
| 76 | | | FALSO | RESI > 500 |
| 77 | Resultado do Parâmetro = | | 1,421495849 | |
| 78 | | | | |
| 79 | RESULTADO FINAL - DO CÁLCULO DO IQA | | | |
| 80 | IQA= | 74 | 71-90 | BOA |
| 81 | | | | |

Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023) a partir da Planilha para cálculo do IQA compartilhada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2013).

O Índice de Qualidade das Águas foi elaborado em 1970 pela *National Sanitation Foundation (NSF)*, dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas ambientais, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados (Agência Nacional de Águas, 2013).

Com isso, foi definido um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas e atribuídos os pesos indicados pelos especialistas e fixados em função da sua importância para conformação global da qualidade da água. Esses parâmetros e seus respectivos pesos são: oxigênio dissolvido (0,17); coliformes termotolerantes (0,15); potencial hidrogeniônico – pH (0,12); demanda bioquímica de oxigênio – DBO 5,20 (0,10); temperatura da água (0,10); nitrogênio total (0,10); fósforo total (0,10); turbidez (0,08); resíduo total (0,08). Assim sendo, tais parâmetros são ponderados e por meio de uma fórmula matemática geram um índice numérico entre 1 e 100, enquadrando o corpo hídrico em classes de qualidade (Oliveira-Filho; Lima, 2002; Passos; Oliveira Filho; Muniz, 2018; Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, 2021).

A fórmula para o cálculo do IQA está apresentada na Equação 3:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (3)$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variando de 0 a 100;

q_i = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

A amostragem de sedimentos consistiu-se em três coletas de amostras por ponto, na parte rasa das margens dos córregos, entre 0 a 10 cm de profundidade. Feito isso, os sedimentos foram homogeneizados, gerando uma amostra composta em cada ponto, devido ao preço das análises e sem prejuízos à avaliação. Esses sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos e levados para secar em estufa entre 50-60°C. Logo após, esse material foi misturado e peneirado em peneira com malhas de nylon para obter a fração <0,062 mm, conforme proposta de Mudrock & Mcknight (1994) *apud* Förstner *et al.* (2004) (Figura 14).

Figura 14 – Amostragem e preparação das amostras de sedimentos fluviais para o envio ao laboratório: Geosol.



Coleta de amostras de sedimentos



Secagem de amostras na estufa



Peneiramento das amostras



Amostras acondicionadas/embaladas para envio ao laboratório

Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

O processo de secagem, mistura e peneiramento foi realizado pela pesquisadora, utilizando equipamentos, respectivamente dos laboratórios de Geologia do Museu de Minerais e Rochas e de Geotecnia da Faculdade de Engenharia Civil, ambos da Universidade Federal de Uberlândia - campus Santa Mônica. Em seguida, fez-se novo acondicionamento e remessa dos sedimentos ao laboratório contratado, o SGS Geosol Laboratórios Ltda - unidade Vespasiano-MG, para a realização dos ensaios desse material.

Vale reforçar que, excluindo as etapas de amostragem de água e sedimentos, de secagem, mistura e peneiramento dos sedimentos, as demais fases para a realização dos ensaios foram realizadas exclusivamente pelas equipes de cada laboratório contratado, sem acompanhamento da pesquisadora.

Os parâmetros analíticos e indicativos da concentração de elementos potencialmente tóxicos dos sedimentos foram definidos também em função do conhecimento prévio do uso preponderante e ocupação das terras, da área de estudo, considerando o preconizado nas leis: Resolução CONAMA 454, de 01 de novembro de 2012 e Resolução CONAMA 420, de 28 de dezembro de 2009. Já os óxidos foram determinados a partir das porções de argila encontrados em todos os pontos de amostragem.

Os ensaios para verificar a concentração de elementos potencialmente tóxicos seguiram as metodologias que estão descritas no Quadro 7.

Quadro 7 – Tipos de ensaios e metodologias utilizados pelo laboratório na realização das análises dos sedimentos fluviais

| | | |
|----|---|---|
| 1 | Dióxido de silício (sílica – SiO ₂) % | ICP40B: Determinação por digestão Multiácida – ICP OES |
| 2 | Dióxido de titânio (TiO ₂) % | |
| 3 | LOI %: (“Loss on. Ignition”): | CSA17V: Determinação de Carbono e/ou Enxofre Totais por Infravermelho – LECO Indutivo |
| 4 | Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃) % | |
| 5 | Óxido de cálcio (CaO) % | |
| 6 | Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃) % | DRY 105: Secagem de amostras a 105°C |
| 7 | Óxido de magnésio (MgO) % | |
| 8 | Óxido de manganês (MnO) % | PREPQC: Controle de Qualidade – Preparação Física |
| 9 | Óxido de potássio (K ₂ O) % | |
| 10 | Óxido de sódio (Na ₂ O) % | PRP250: Secagem, homogeneização e quarteamento em Jones, pulverização de 250 gramas de amostras em moinho de aço 95% a 150% |
| 11 | Pentóxido de fósforo (P ₂ O ₅) % | |
| 12 | Alumínio: Al % | |
| 13 | Antimônio: Sb mg/kg | |
| 14 | Arsênio: As mg/kg | PHY01E: Determinação de perda ao fogo (LOI) por gravimetria – 1000 ° C |
| 15 | Bário: Ba mg/kg | |
| 16 | Berílio: Be mg/kg | XRF79C: Fusão com tetraborato de Lítio – XRF |
| 17 | Bismuto: Bi mg/kg | |
| 18 | Cádmio: Cd mg/kg | |
| 19 | Cálcio: Ca % | |
| 20 | Carbono: C % | |

Continua

| | |
|----|----------------------|
| 21 | Chumbo: Pb mg/kg |
| 22 | Cobalto: Co mg/kg |
| 23 | Cobre: Cu mg/kg |
| 24 | Cromo: Cr mg/kg |
| 25 | Enxofre: S % |
| 26 | Escândio: Sc mg/kg |
| 27 | Estanho: Sn mg/kg |
| 28 | Estrôncio: Sr mg/kg |
| 29 | Ferro: Fe % |
| 30 | Fósforo: P % |
| 31 | Ítrio: Y mg/kg |
| 32 | Lantânio: La mg/kg |
| 33 | Lítio: Li mg/kg |
| 34 | Magnésio: Mg % |
| 35 | Manganês: Mn mg/kg |
| 36 | Molibdênio: Mo mg/kg |
| 37 | Níquel: Ni mg/kg |
| 38 | Potássio: K % |
| 39 | Prata: Ag % |
| 40 | Selênio: Se mg/kg |
| 41 | Sódio: Na % |
| 42 | Tálio: Tl mg/kg |
| 43 | Titânio: Ti % |
| 44 | Tório: Th mg/kg |
| 45 | Tungstênio: W mg/kg |
| 46 | Urânio: U mg/kg |
| 47 | Vanádio: V mg/kg |
| 48 | Zinco: Zn mg/kg |
| 49 | Zircônio: Zr mg/kg |

Fonte: Pesquisa Direta. Elaborado pela autora (2023) a partir das metodologias utilizadas pelo SGS Geosol Laboratórios Ltda - unidade Vespasiano-MG (2022;2023) para realização dos ensaios descritos neste quadro.

j) Usos da água

Visando averiguar os usos da água existentes nas BHCBVT, foi realizado o levantamento das outorgas. Para isso, os tipos de usos d'água foram identificados por meio das outorgas concedidas pelo IGAM para consumo, captação e lançamento, disponibilizados na plataforma IDE-SISEMA Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, na base digital vetorial geoespacial referente à regulação de recursos hídricos.

Esse é um dado importante, que está apresentado no subitem “4.2 *Análise das condições ambientais de recursos hídricos das BHCBVT*”, servindo como auxílio na verificação de possíveis riscos e problemas ambientais existentes na área de estudo.

3.5.3 Terceira Etapa – Nível Semântico (Diagnóstico)

Nessa etapa realiza-se o diagnóstico, o qual, de acordo com Rodriguez (1994), abarca a verificação das condições ambientais dos recursos hídricos e a identificação do potencial natural à recarga dos cursos d'água.

3.5.3.1 Caracterização dos componentes da paisagem

Esta caracterização foi realizada por meio da descrição dos dados primários levantados e da confecção de mapas temáticos elaborados na segunda etapa desta tese, bem como de dados secundários obtidos por meio de levantamento bibliográfico das principais publicações regionais sobre os aspectos físicos e antrópicos da área de estudo.

3.5.3.2 Verificação das condições ambientais dos recursos hídricos

A averiguação das condições ambientais dos recursos hídricos foi feita a partir da avaliação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais, com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas, na acumulação de elementos tóxicos dos sedimentos fluviais e nos múltiplos usos água das BHC BVT, conforme mencionado no subitem “*i) Avaliação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais*” desta tese.

3.5.3.3 Processo de distinção de Potencialidades Naturais à Recarga de Cursos de Água

A distinção das potencialidades dos componentes do meio ambiente é de fundamental importância para o planejamento ambiental. Por meio disso, realiza-se a síntese de componentes ambientais com suas potencialidades e/ou fragilidades, que, de acordo com Trombeta (2016), são subsídios às propostas de conservação e preservação ambiental.

Neste item da pesquisa, pretendeu-se identificar as Áreas Potenciais Naturais à Recarga de Cursos de Água (APNRCA), elaboradas com base em reflexões sobre os estudos preconizados por diversos autores, entre eles Ross (1994); Santos e Ross (2012); Crepani *et al.* (1996); Crepani (2001); Melo Neto, Chagas e Mélo Junior (2013); De Vargas *et al.* (2023), os quais visam a análise de fragilidades, potencialidades e vulnerabilidades ambientais. Vale mencionar que a identificação das áreas potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água

(Atual e Projetado) também seguiu reflexões sobre os estudos dos mesmos autores mencionados (subitem 3.5.4.1)

Nesse contexto, realizaram-se adaptações/incorporações/proposições de variáveis que vão de encontro aos objetivos da presente tese, visando à conservação dos recursos hídricos e, conseqüentemente, à segurança hídrica das BHC BVT. Assim, a presente pesquisa propôs-se implementar elementos de análises conforme adaptáveis necessárias e peculiares à área de estudo.

Nessa perspectiva e considerando a escala cartográfica geral deste trabalho (1:25.000) e a sua área de abrangência (zonas urbana e rural), apresenta-se uma identificação das áreas potenciais naturais à recarga dos cursos de água (APNRCA) determinada pela sobreposição de informações espaciais de variáveis naturais, as quais são:

- A declividade (DEC) é uma das variáveis já utilizada em estudos como de autores supracitados, com a finalidade de analisar fragilidades e vulnerabilidades ambientais. Nesta pesquisa, essa variável é utilizada para identificar o grau de suas classes em relação à potencialidade natural à recarga dos cursos d'água;
- Os materiais inconsolidados (MI) é a variável do meio natural incorporada à identificação da potencialidade natural à recarga, complementando métodos de referências existentes;

Os mapas temáticos (declividade e materiais inconsolidados) foram reclassificados e, para cada classe, foi atribuído um peso em que o maior valor representa, em termos qualitativos, uma maior capacidade de favorecer o processo de recarga nas BHC BVT. Ao contrário, um menor valor indica menor potencial de proporcionar o referido processo. Valores intermediários dos pesos indicam condições medianas da classe em favorecer o processo de recarga dos cursos d'água.

A declividade é um atributo do relevo primordial a ser analisado em uma avaliação da paisagem devido à sua interferência na determinação da potencialidade natural de um ambiente. Ela influencia diretamente na dinâmica da infiltração e na formação de processos erosivos (Villela e Mattos, 1975; Bertoni e Lombardi Neto, 2014). Deepa *et al.* (2016), mencionam que áreas de superfície plana podem reter e drenar a água no interior do solo, aumentando a recarga das águas subterrâneas.

Nesse contexto, essa variável foi avaliada em relação a dinâmica da infiltração, já que áreas planas tendem a infiltrar a maior parte da água, enquanto áreas inclinadas tendem a propiciar maior escoamento superficial de água e baixas taxas de infiltração (Garcia *et al.*,

2020). Assim sendo, os pesos para variável declividade apresentam-se da seguinte forma: quanto menor a porcentagem da declividade do terreno, maior é o seu potencial de infiltração de água no solo e maior o valor do seu peso; quanto maior o percentual de declividade, menor o seu potencial de infiltração, ou seja, maior será escoamento superficial e a suscetibilidade aos processos erosivos, resultando em menor taxa de infiltração.

Os tipos de materiais inconsolidados estão diretamente relacionados aos tipos de substrato rochoso (SR)⁴ encontrados na área de estudo. De acordo com Zuquette e Gandolfi (2004, p. 102 e 104), “a variedade dos tipos de materiais inconsolidados e sua distribuição espacial influenciam a eficiência dos usos e ocupações, e a intensidade dos impactos ambientais resultantes”.

Nesse sentido, os pesos aqui foram aplicados conforme as características físicas (profundidade e textura) dos MI em relação à sua capacidade de infiltração e armazenamento de água e, conseqüentemente, no processo de recarga de mananciais, visto que a recarga está diretamente associada à capacidade de infiltração e retenção que esses materiais possuem. Os MI, em relação aos tipos de solos, funcionam como um reservatório dinâmico de água, pois indicam a capacidade de retenção e infiltração das águas subterrâneas (Araújo, 2006; Menezes, 2007; Bertoni e Lombardi Neto, 2014, Deepa, *et al.*, 2016).

Sendo assim, neste estudo, quanto maior o potencial das características físicas dos MI para infiltração e armazenamento de água, maior foi o valor do peso atribuído a cada uma de suas classes. Em contraste, quanto menor o potencial desses materiais para infiltração e armazenamento, menor foi o peso atribuído a eles.

Os pesos atribuídos a cada classe de cada variável (declividade, materiais inconsolidados e cobertura e uso da terra) foram definidos com base na ponderação dos critérios⁵ sugeridos, em consulta, por diversos especialistas que atuam em áreas distintas, tais como:

- Geógrafos das linhas de Análise da Paisagem; Análise Regional e Ambiental; e Análise, Planejamento e Gestão Ambiental, vinculados à Universidade Federal de Uberlândia, à Universidade Federal do Triângulo Mineiro e à Empresa de Consultoria e Assessoria Ambiental.

⁴ Nesse sentido, a variável Substrato Rochoso não foi inserida na sobreposição de informações espaciais.

⁵ Ponderação de critérios refere-se à atribuição de pesos a cada fator (Declividade (DEC) e Materiais Inconsolidados (MI)) contribuintes para favorecer o processo de recarga nas BHCVT.

- Engenheiros Agrônomos que desempenham atividades ligadas à Gênese do solo, Manejo e Conservação do Solo e à pesquisa sobre a interação solo-água da Universidade Federal de Viçosa e da Universidade Federal de Uberlândia.

As classes de declividade do mapa de declividade, inserido no subitem 4.1.1 desta tese, foram reclassificadas, gerando os níveis de potencialidade da declividade à recarga dos cursos d'água. Também foram reclassificadas as classes do mapa de MI (inserido no subitem 4.1.2 desta tese), originando os graus de potencialidade dos materiais inconsolidados à recarga dos cursos d'água. Com isso, após a ponderação, foram atribuídos valores de peso a cada classe das variáveis utilizadas na definição das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água (APNRCA), os quais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Distribuição dos pesos/graus por classe para cada tipo de mapa utilizado para identificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água (APNRCA) dos cursos de água das BHCbvt.

| Mapa Temático | Classe | Peso/Cores |
|-------------------------------|---|----------------|
| Declividade (DEC) | < 3% | 4 - Muito Alto |
| | 3 a 6% | 3 - Alto |
| | 6 a 12% | 2 - Médio |
| | > 12% | 1 - Baixo |
| Materiais Inconsolidados (MI) | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica | 4 - Muito Alto |
| | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral | 3 - Alto |
| | Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos | 2 - Médio |
| | Residuais de Pequena Espessura Embasamento Cristalino; Residuais do Embasamento Cristalino | 1 - Baixo |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023) a partir de Ross (1994); Melo Neto, Chagas e Mélo Júnior (2013); De Vargas *et al.* (2023), com adaptações, incorporações e proposição de variáveis.

As Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água (APNRCA) foram definidas por meio da sobreposição dos mapas de declividade (DEC) e materiais inconsolidados (MI) com seus respectivos pesos atribuídos, utilizando modelagem cartográfica (álgebra de mapas), o que resultou no mapa de síntese das APNRCA (Equação 4 e Tabela 5).

$$APNRCA = P3_{DEC} \times P2_{MI} \quad (4)$$

Sendo:

$APNRCA$ = Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água;

$P3_{DEC}$ = peso associado a variável Declividade;

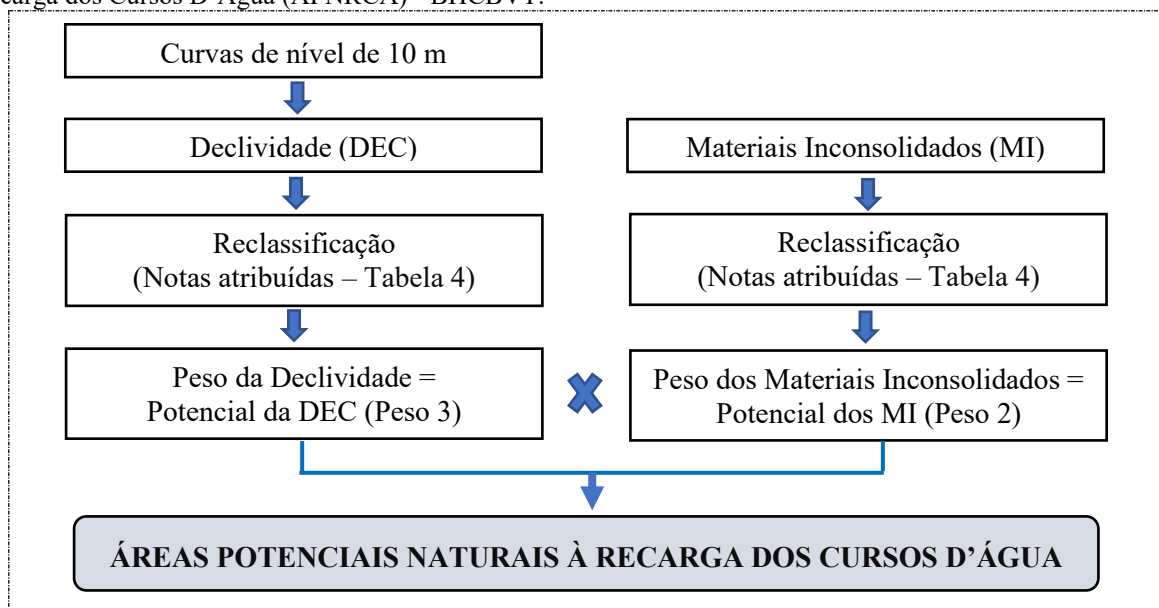
$P2_{MI}$ = peso associado à variável Materiais Inconsolidados.

Com base na classificação da Tabela 5, foi elaborado o mapa denominado nesta tese: “Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D’Água”, identificando onde estão as áreas com maior capacidade ao processo de recarga. Além disso, foi calculada a porcentagem das áreas de cada classe de potencial à recarga.

Todo o processo de elaboração do mapa APNRCA foi feito no ambiente QGIS. Primeiramente, todos os arquivos no formato vetor foram convertidos em arquivos raster (ferramenta *r.reclass*), com a atribuição dos pesos de cada classe (função *r.reclass*). Em seguida, utilizou-se a álgebra de mapas (função *raster calculator*).

O Fluxograma 2 apresenta o procedimento metodológico utilizado no estudo da potencialidade natural à recarga das BHCVT.

Fluxograma 2 – Etapas do processamento metodológico para geração do mapa das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D’Água (APNRCA) - BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Tabela 5 – Classificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga (APNRCA) de cursos de água das BHCbVT.

| DECLIVIDADE (Classes) | MATERIAIS INCONSOLIDADOS (Classes) | POTENCIAL (Variação) | ÁREAS POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA | |
|--------------------------|--|-------------------------|---|------------------------------|
| | | | Grau | Classificação |
| < 3% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica | Muito alto a alto | 4 | Muito Alto Potencial Natural |
| < 3% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral | Alto a médio | 3 | Alto Potencial Natural |
| < 3% | Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos | | | |
| 3 a 6% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica | | | |
| 3 a 6% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral | Médio a baixo | 2 | Médio Potencial Natural |
| 3 a 6% | Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos | | | |
| 6 a 12% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral | | | |
| 6 a 12% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica | Baixo a Muito Baixo | 1 | Baixo Potencial Natural |
| 3 a 6% | Residuais de Pequena Espessura Embasamento Cristalino; Residuais do Embasamento Cristalino | | | |
| 6 a 12% | Residuais de Pequena Espessura Embasamento Cristalino; Residuais do Embasamento Cristalino | | | |
| 6 a 12% | Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos | | | |
| > 12% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica | | | |

Continua

Continuação

| | | | |
|-------|---|--|--|
| > 12% | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral | | |
| > 12% | Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos | | |
| > 12% | Residuais de Pequena Espessura Embasamento Cristalino; Residuais do Embasamento Cristalino | | |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

3.5.4 Quarta Etapa – Nível Normativo (Prognóstico / Propositiva)

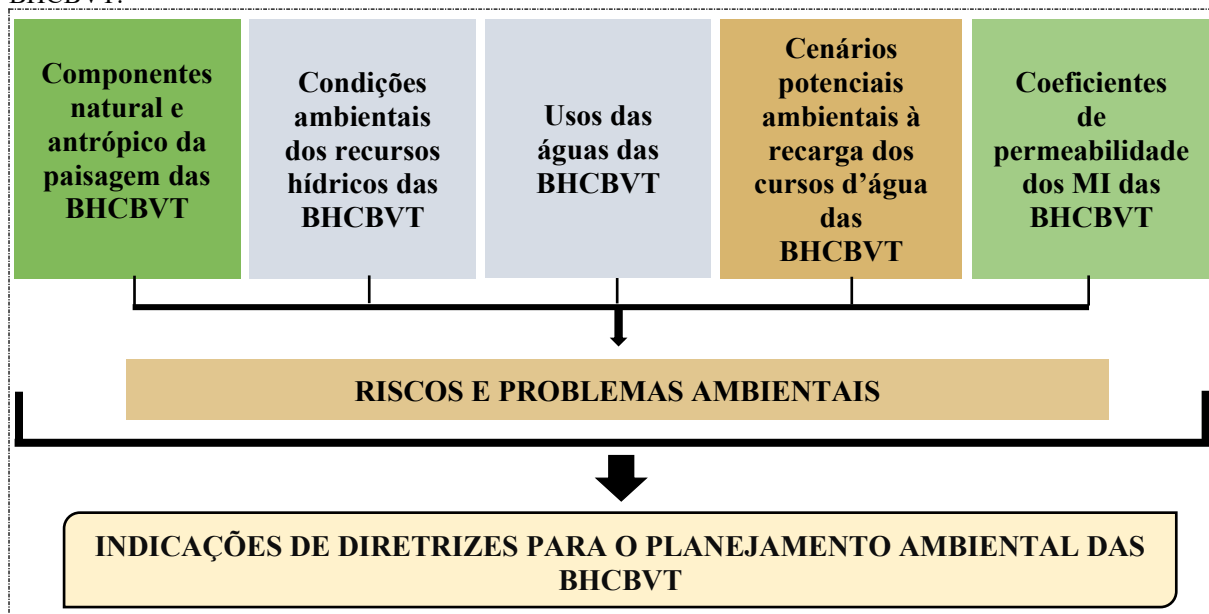
Essa etapa se configura na realização do prognóstico e na elaboração de propostas. É composta pela elaboração e apresentação dos cenários potenciais ambientais à recarga de cursos d'água, considerando a cobertura e uso da terra (atual e projetado), os coeficientes de permeabilidade e a compreensão de riscos e problemas ambientais, bem como na formatação de diretrizes para o planejamento ambiental das BHCBVT.

Com intuito de preservar os elementos que compõem a paisagem da área de estudo e, conseqüentemente, os recursos hídricos, foi realizada a organização dos caminhos metodológicos adotados. Tais caminhos foram desenvolvidos a partir de reflexões sobre os enfoques geocológicos da paisagem: estrutural, funcional, histórico-antropogênico e integrativo de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

Para esse fim, foi necessário considerar de forma integrada os meios natural e antrópico e reconhecer como o conjunto de componentes ambientais se manifesta, visto que os entendimentos parciais da realidade induzem à tomada de decisões inadequadas às especificidades do lugar (Ross, 2000; Santos, 2004; Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

O Fluxograma 3 apresenta os passos do processamento metodológico para a finalização da quarta etapa desta tese.

Fluxograma 3 – Passos finais da quarta etapa da tese – Compreensão de problemas e riscos ambientais nas BHCBVT.



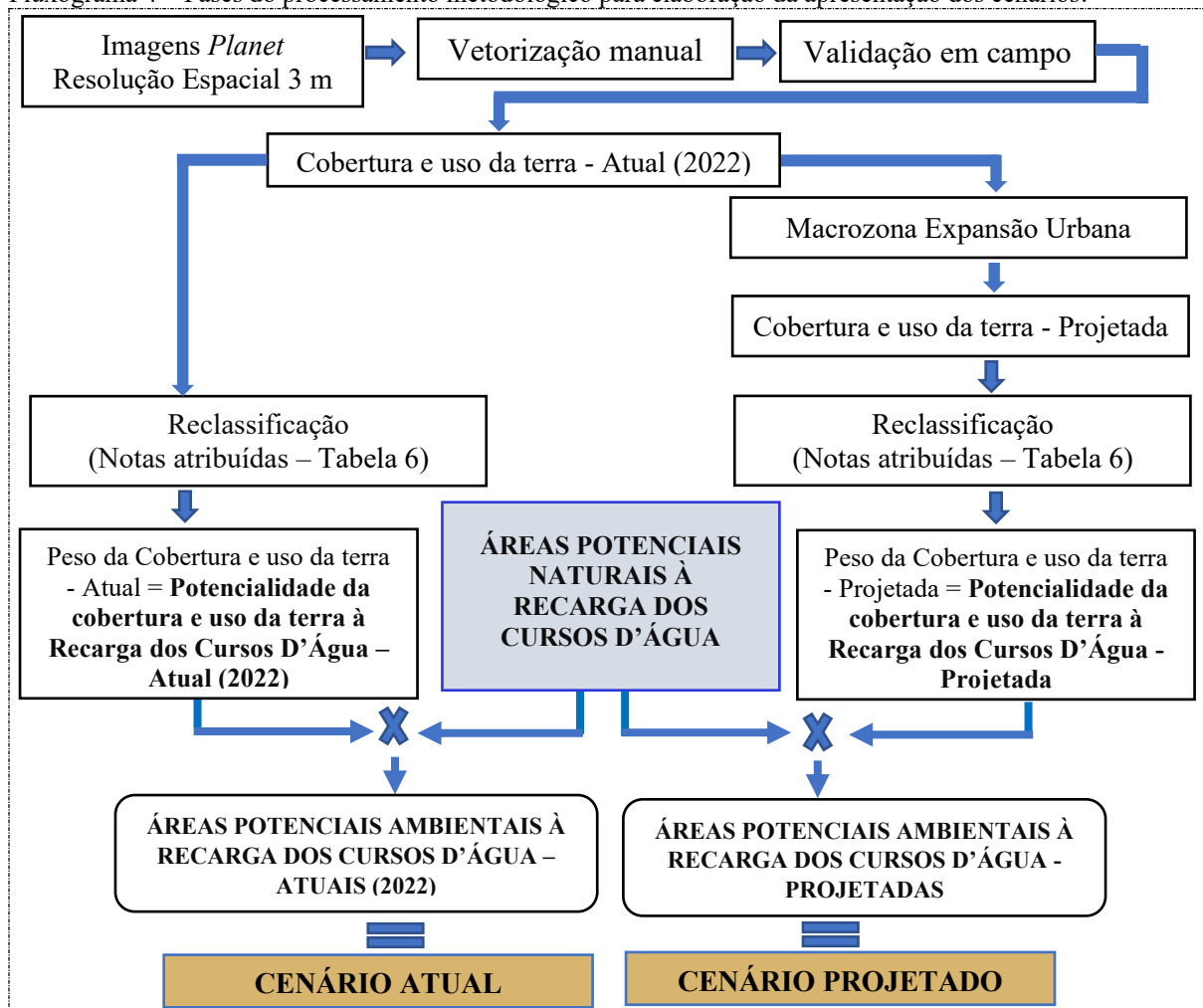
Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

3.5.3.4 Processo de identificação das Potencialidades Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Cenários Atual e Projetado

Em síntese, esta é a etapa que permitiu avaliar as principais potencialidades e limitações das BHCbVT, visando perspectivas para melhoria ambiental da área destas bacias.

Primeiramente, apresentam-se os resultados dos ensaios de infiltração de água nas BHCbVT, realizados *in situ* com a utilização do Permeômetro *Guelph*. Em seguida, foi elaborada a apresentação dos cenários potenciais ambientais para a recarga dos cursos d'água (Cenários Atual e Projetado), considerando o uso das terras na área estudada, conforme as fases do processamento metodológico demonstradas no Fluxograma 4.

Fluxograma 4 – Fases do processamento metodológico para elaboração da apresentação dos cenários.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Para a apresentação dos cenários potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água, utilizou-se o mapa de cobertura e uso da terra – atual, que foi elaborado partir da vetorização

manual sobre as imagens *Planet* e validação em campo, conforme descrito na fase 1 desta pesquisa. Com isso, partiu-se para a reclassificação desse mapa com a inserção das notas⁶ e pesos⁷ atribuídos a ele, gerando graus / classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Atual (PCUTRCA-A).

Em seguida, foi inserida ao mapa de cobertura e uso da terra – atual a área da *Macrozona Expansão Urbana*. Destarte, gerou-se o mapa de Cobertura e uso da terra – Projetada, que foi reclassificado, originando graus / classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada (PCUTRCA-P).

Concomitantemente, foram gerados os mapas das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água - Atuais e Projetadas (APARCA-A e APARCA-P) por meio da sobreposição dos mapas “Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água” e Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água - Atual”; e dos mapas “Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água” e Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada.

Os mapas de cobertura e uso da terra – atual e projetada, reclassificados, receberam um peso referente à sua capacidade de favorecer ou não o processo de recarga dos cursos de água. Assim, quanto maior o valor do peso atribuído à classe da cobertura e uso da terra, maior é a sua influência no processo de recarga. Sendo assim, as onze classes de cobertura e uso da terra encontradas na área de estudo foram agrupadas em quatro classes da seguinte forma: (Cobertura Vegetal Nativa; Silvicultura; e Bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial); (Hortifruticultura; e Pastagem); (Agricultura; Agricultura em pivô; e Chácaras) e (Mosaico de ocupações; Área urbanizada; e BR/estradas/aceessos pavimentados).

As BHCBVT apresentam grande variedade no uso e ocupação das terras. Levando-se em consideração as características da cobertura vegetal e uso das terras, foi determinado o grau de potencialidade dessa variável, verificando o potencial de proteção da superfície do solo e o impacto das atividades antrópicas na área de estudo. A cobertura e uso da terra são parâmetros fundamentais no processo de recarga, tendo em vista que fornecem informações sobre a infiltração, escoamento superficial, umidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, etc (Arulbalaji; Padmalal; Sreelash, 2019; De Vargas *et al.*, 2023). Dependendo da atividade humana ali realizada, esta pode minimizar o processo de recarga de mananciais, bem como

⁶ Notas: refere-se aos valores, em número, atribuídos a cada classe das variáveis.

⁷ Pesos: refere-se aos valores, em número, atribuídos a cada variável.

potencializar a formação de processos erosivos, o assoreamento de cursos d'água, entre outros (Mendonça Ascitti, 2019).

A partir da classificação expressa na Tabela 6 foram elaborados os mapas: Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água - Atuais (APARCA-A) e Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água - Projetadas (APARCA-P).

Tabela 6 – Distribuição dos pesos/graus para cada classe (reclassificada) do mapa Cobertura e Uso da Terra, com vista à identificação das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais e Projetadas das BHCVT.

| Mapa Temático | Classe | Peso/Cores |
|--|---|-------------------|
| Cobertura e Uso da Terra Atual e Projetada | Cobertura Vegetal Nativa; Silvicultura; Bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial | 4 - Muito Alto |
| | Hortifruticultura; Pastagem ⁸ | 3 - Alto |
| | Agricultura; Agricultura em pivô; Chácaras | 2 - Médio |
| | Mosaico de ocupações; Área urbanizada; BR/estradas/acessos pavimentados | 1 - Baixo |
| | Corpos d'água (córregos e barramentos) ⁹ | Nulo |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023) a partir de Melo Neto, Chagas e Mélo Júnior (2013); De Vargas *et al.* (2023), com adaptações.

Sendo assim, as classes das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água Atuais e Projetadas (APARCA-A e APARCA-P) foram definidas por meio da sobreposição dos mapas de APNRCA e PCUTRCA-A, bem como dos mapas APNRCA e PCUTRCA-P, com seus respectivos pesos atribuídos. Utilizou-se modelagem cartográfica (álgebra de mapas), o que resultou na elaboração dos mapas de síntese das APARCA-A e APARCA-P (Equações 4 e 5 e Quadros 8 e 9).

$$APARCA - A = APNRCA \times PCUTRCA - A \quad (4)$$

$$APARCA - P = APNRCA \times PCUTRCA - P \quad (5)$$

Onde:

APARCA-A = Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais;

APARCA-P = Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas;

APNRCA = Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água;

⁸ Foram encontrados na área de estudo valores de coeficiente de permeabilidade melhores para Pastagem do que Agricultura, conforme apresentados na tabela 21.

⁹ Não foi atribuído peso à classe “Corpos d'água (córregos e barramentos)” por se tratar de uma análise para identificação das áreas com Potencialidade Ambiental à Recarga dos Cursos de Água (córregos), ou seja, para recarga dos próprios corpos de água existentes na área de estudo.

PCUTRCA-A = Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Atual; e

PCUTRCA-P = Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada

Para configuração dos cenários potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água, considerou-se nesta pesquisa a situação da cobertura e uso da terra (atual e projetada). Segundo Ribeiro (2012, p. 454) “os cenários de evolução do uso e cobertura da terra subsidiam a elaboração de propostas para o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos [...]”. Assim, dois cenários ambientais para as BHCbVT são apresentados em mapas e tabelas descritivas, sendo eles:

1. Cenário Ambiental Atual: demonstrado pelo mapa denominado nesta tese de Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais (2022) – CENÁRIO AMBIENTAL ATUAL (2022);
2. Cenário Ambiental Projetado: exibido pelas classes apresentadas no mapa nomeado de Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas – CENÁRIO AMBIENTAL PROJETADO.

Quadro 8 – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais (APARCA-A) das BHCbVT.

| PARAMETROS: | ÁREAS POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA (Classes) | ÁREAS POTENCIALIDADE DA COBERTURA E USO DA TERRA À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA – ATUAIS (Classes) | ÁREAS POTENCIAIS AMBIENTAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA – ATUAIS (Classes) |
|-------------|---|---|--|
| E | Muito Alto Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Muito Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Hortifruticultura | |
| | | Pastagem | |
| | | Agricultura | Alto Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Chácaras | |
| | | Mosaico de Ocupações | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Área Urbanizada | |
| | | BR/estradas/acessos pavimentados | |
| ATUAL | Alto Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Muito Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | Alto Potencial Ambiental |
| | | Hortifruticultura | |
| | | Pastagem | |

Continua

Continuação

| | | | |
|--|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| PARAMETROS: POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA E POTENCIALIDADE DA COBERTURA E USO DA TERRA À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA - ATUAL | Alto Potencial Natural | Agricultura | Médio Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Chácaras | |
| | | Mosaico de Ocupações | Muito Baixo Potencial Ambiental |
| | | Área Urbanizada | |
| | | BR/estradas/ acessos pavimentados | |
| | Médio Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | |
| | | Hortifruticultura | Médio Potencial Ambiental |
| | | Pastagem | |
| | | Agricultura | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Chácaras | |
| | | Mosaico de Ocupações | |
| | | BR/estradas/ acessos pavimentados | Muito Baixo Potencial Ambiental |
| | | | |
| | Baixo Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | |
| Hortifruticultura | | Muito Baixo Potencial Ambiental | |
| Pastagem | | | |
| Agricultura | | | |
| Agricultura em pivô | | | |
| Chácaras | | | |
| Mosaico de Ocupações | | | |
| BR/estradas/ acessos pavimentados | | | |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Quadro 9 – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas (APARCA-P) das BHCBVT.

| PARAMETROS: | ÁREAS POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA (Classes) | ÁREAS POTENCIALIDADE DA COBERTURA E USO DA TERRA À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA – PROJETADAS (Classes) | ÁREAS POTENCIAIS AMBIENTAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA – PROJETADAS (Classes) |
|--|--|--|---|
| POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA E POTENCIALIDADE DA COBERTURA E USO DA TERRA À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA-PROJETADA | Muito Alto Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Muito Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Hortifruticultura | |
| | | Pastagem | |
| | | Agricultura | Alto Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Mosaico de Ocupações | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Área Urbanizada | |
| | | BR/estradas/ acessos pavimentados | |
| | | | |

Continua

| | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| <p>PARAMETROS:</p> <p>POTENCIAIS NATURAL À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA</p> <p>E</p> <p>POTENCIALIDADE DA COBERTURA E USO DA TERRA À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA-PROJETADA</p> | Alto Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Muito Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | |
| | | Hortifruticultura | Alto Potencial Ambiental |
| | | Pastagem | |
| | | Agricultura | Médio Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Chácaras | |
| | | Mosaico de Ocupações | Muito Baixo Potencial Ambiental |
| | | Área Urbanizada | |
| | BR/estradas/acessos pavimentados | | |
| | Médio Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Alto Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | |
| | | Hortifruticultura | Médio Potencial Ambiental |
| | | Pastagem | |
| | | Agricultura | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Agricultura em pivô | |
| | | Chácaras | |
| | | Mosaico de Ocupações | Muito Baixo Potencial Ambiental |
| | | Área Urbanizada | |
| | BR/estradas/acessos pavimentados | | |
| | Baixo Potencial Natural | Cobertura Vegetal Nativa | Baixo Potencial Ambiental |
| | | Silvicultura | |
| | | Bacias de retenção/detenção | |
| | | Hortifruticultura | Muito Baixo Potencial Ambiental |
| | | Pastagem | |
| Agricultura | | | |
| Agricultura em pivô | | | |
| Chácaras | | | |
| Mosaico de Ocupações | | | |
| Área Urbanizada | | | |
| BR/estradas/acessos pavimentados | | | |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

3.5.3.5 Identificação de riscos e problemas ambientais

Segundo Dibieso (2013) e Trombeta (2015; 2016), o reconhecimento de problemas ambientais auxilia na avaliação integral da situação de uma determinada área. Carvalho e Leite (2013) afirmam que a análise de riscos ambientais, numa abordagem sistêmica, é essencial, pois permite o entendimento da complexidade. Ainda dentro dessas concepções, Medeiros (2020) menciona que os problemas ambientais são aqueles que retratam os impactos negativos

existentes, enquanto os riscos ambientais são aqueles que podem vir a transmitir ao ambiente situações que alterem a dinâmica da bacia hidrográfica, seja a médio ou longo prazo.

Com base nas concepções dos autores citados, a compreensão dos riscos e problemas ambientais, nesta pesquisa, se deu a partir da análise dos principais impactos diagnosticados na verificação das condições ambientais dos recursos hídricos (contaminação das águas superficiais e dos sedimentos fluviais), da configuração dos cenários potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água, dos usos da água e das características do meio físico e antrópico da área.

3.5.3.6 Definição de proposições para um cenário ideal

Com base nos cenários atual e projetado de uso da terra, foram sugeridas proposições para o planejamento ambiental, visando à melhoria das condições ambientais das BHCBVT, considerando os aspectos ambientais identificados e as perspectivas de evolução do uso da terra. A proposta é composta por texto descritivo que apresenta indicações de medidas e ações de preservação ou recuperação, bem como de manejo, fundamentadas em referências bibliográficas. Além disso, incluía uma sugestão para um planejamento ambiental conservacionista, que foi estruturada a partir de reflexões sobre a concepção da geoecologia da paisagem (Rodriguez; Silva, 2018; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Naturais e Antrópicas da Paisagem das BHCBVT

Este item resulta dos levantamentos realizados na segunda etapa da pesquisa, sendo considerada essencial, uma vez que abarca e descreve processualmente os componentes físico-naturais e antrópicos existentes na paisagem. Isso proporcionou análises e sínteses sistêmicas, gerando uma base para as demais avaliações realizadas com intuito de alcançar o objetivo desta tese.

Nessa intenção, são apresentados os elementos da paisagem das BHCBVT por meio de mapas, tabelas, fotos e diálogos a respeito dos elementos: relevo (declividade e hipsometria), materiais inconsolidados e substrato rochoso, nível de água, clima (temperatura e precipitação), e cobertura e uso da terra. Também são abordadas de forma sucinta as características antropogênicas e os serviços básicos disponíveis na área em estudo.

4.1.1 Aspectos do relevo

A área de estudo está inserida na unidade de relevo denominada “Domínio dos Chapadões Tropicais” recobertos por cerrados e penetrados por florestas de galerias e nos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, conforme Ab’Saber (1977) e RadamBrasil (1983).

De acordo com a classificação do relevo feita por Baccaro (1989; 1991), verifica-se que a área pesquisada se insere em três categorias denominadas pela autora:

- área de relevo com topo plano: possui topos planos e largos, vales muito espaçados entre si e pouca declividade (entre 3° e 5°) e ramificação de drenagem. Geralmente, são vales amplos de fundos úmidos, onde se identifica uma massa significativa de solo hidromórfico próxima aos canais fluviais. Em alguns trechos, subsiste a mata galeria associada aos buritis;
- área de relevo medianamente dissecado: possui topos aplainados (700 m a 900 m de altitude), vertentes suaves, convexas e declividade de 3° a 15°, que sofrem maior interferência dos processos erosivos. São áreas normalmente recobertas por cerrado entrecortado por veredas; e
- área de relevo intensamente dissecado: apresenta porção mais elevada com topos aplainados em forma de espigão entre as sub-bacias afluentes do rio Araguari, entre 640 e 700 m, separada do nível de cimeira por rupturas de declive mantidas por distintos derrames basálticos. São

recobertas por cerrado em algumas porções dos topos, e nas vertentes, pela mata semidecídua. Seus canais fluviais apresentam cachoeiras e corredeiras.

O relevo é analisado por meio de várias características, incluindo a hipsometria e a declividade, as quais foram consideradas para essa tese. Essa análise gerou dados capazes de possibilitar a avaliação da inter-relação de uma faixa horizontal em distribuição altimétrica sobre a topografia do terreno (Análise Hipsométrica), enquanto a Análise da Declividade exibe a distribuição das inclinações da superfície do terreno na paisagem (Christofoletti, 1979; 1980).

A análise hipsométrica demonstra as altitudes das BHCbVT. Essas elevações estão representadas no Mapa 4 e a mensuração das áreas está apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação da hipsometria das BHCbVT.

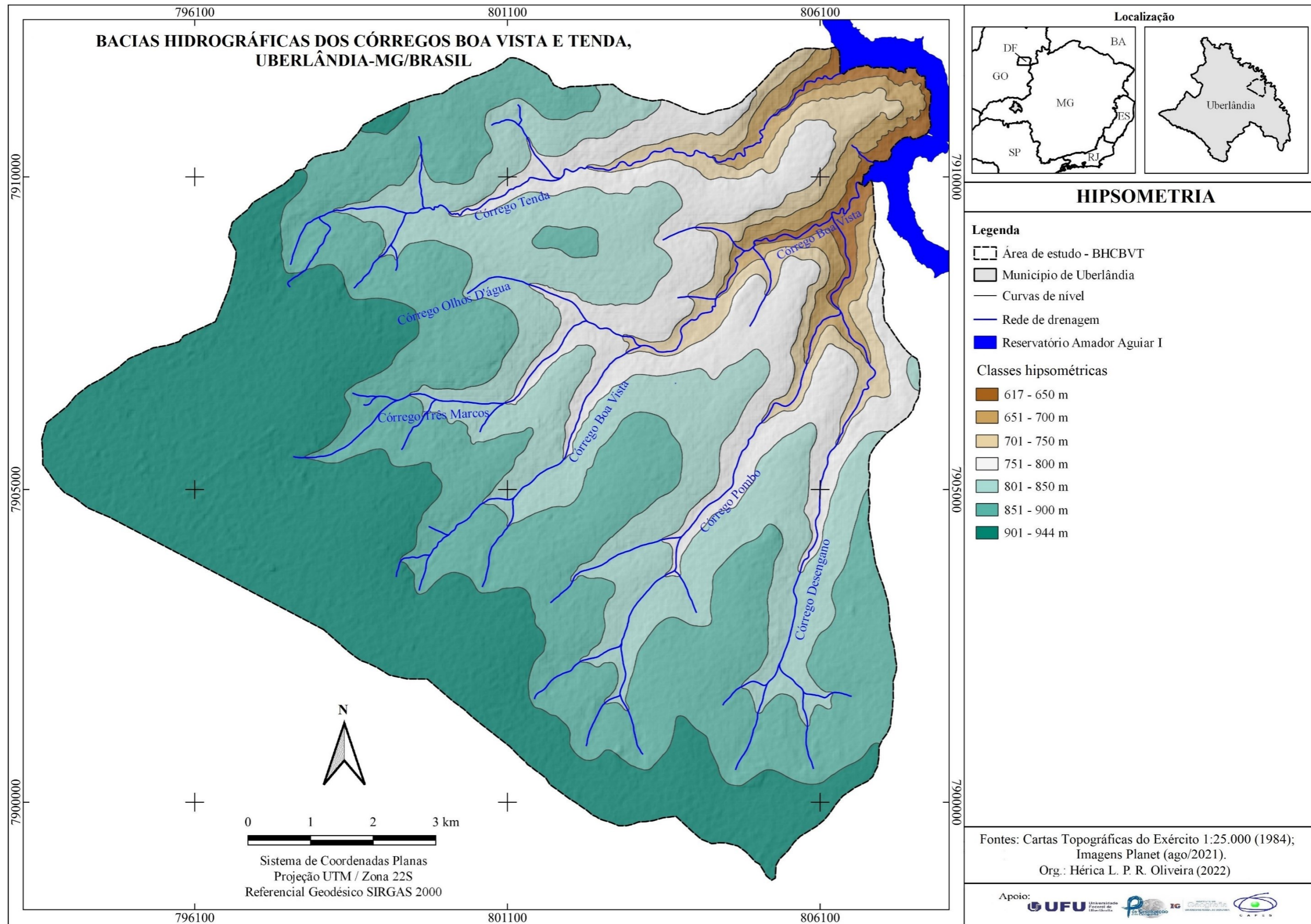
| Classes de hipsometria (m) | Área ocupada | |
|-------------------------------|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| 617 - 650 | 1,77 | 1,51 |
| 651 - 700 | 3,8 | 3,25 |
| 701 - 750 | 5,85 | 5,00 |
| 751 - 800 | 14,72 | 12,58 |
| 801 - 850 | 24,71 | 21,12 |
| 851 - 900 | 32,03 | 27,38 |
| 901 - 944 | 34,11 | 29,16 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2022).

A variação altimétrica das BHCbVT é de 327 metros, compreendendo cotas que variam de 944 m nos pontos mais altos a 617 m nos pontos mais baixos. A altitude média de 780,5 m, com a máxima localizada nas porções noroeste, oeste, sudoeste e sul, e a mínima na porção nordeste e leste da área.

A maior parte da bacia encontra-se entre as cotas altimétricas de 944 e 901 metros, o que representa 29,16% de sua área. As nascentes de cabeceira se localizam nas classes mais planas da área, que variam entre as altimetrias de 901 a 851 metros. No ponto mais elevado da bacia, localizam-se também os bairros Alvorada e Morumbi, nas proximidades da BR 452, e o ponto mais baixo está inserido na região de contato das divisas da área de estudo com o rio Araguari.

Mapa 4 – Classes hipsométricas das BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

A declividade do terreno contribui para o escoamento das águas pluviais, pois quanto maior for o desnível, maior será o escoamento de água pela superfície, formando processos erosivos, o que propicia arraste de materiais sólidos para os recursos hídricos e o assoreamento dos corpos d'água, bem como influencia na qualidade de suas águas (Mota, 1995; Bertoni; Lombardi Neto, 2014). Ao contrário dessa configuração de relevo, juntamente as características do solo, a declividade influencia na infiltração (Bertoni; Lombardi Neto, 2014).

Predominam nas BHCBVT, as classes de declividade inferiores a 6% de inclinação, que correspondem a 59,46 km², ou seja, 50,83% dessa área, representando um relevo plano a suave ondulado, de acordo com as fases do relevo segundo a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos, 2018).

As áreas com declividades 0% a 3% apresentam topos amplos, planos e porções do relevo embaciadas. Um exemplo visível de “embaciamento” é o local onde está inserido o Bairro Morumbi.

Dos 50,83% de área com declividades até 6%, 23,78% possui declives de 0% a 3%, e 27,05% tem declividades que variam de 3% a 6%, ocupando porções de terra onde estão localizadas as nascentes da maioria dos córregos que compõem o sistema hidrográfico da área pesquisada. As nascentes de cabeceira dos córregos Olhos D'água, Pombo e Desengano encontram-se em superfície com declividades de 6% a 12%, abrangendo 34,65 km² (29,62%). As áreas com declividade que variam de 12% a 20% envolvem 14,74 km² (12,6%). Apenas 6,96 das BHCBVT tem declividades iguais ou superiores a 20%. Contudo, a soma das áreas com declividades de 0% a 6% supera em 21,21% a ocupação de áreas com declividades de 6% a 12% (Tabela 8).

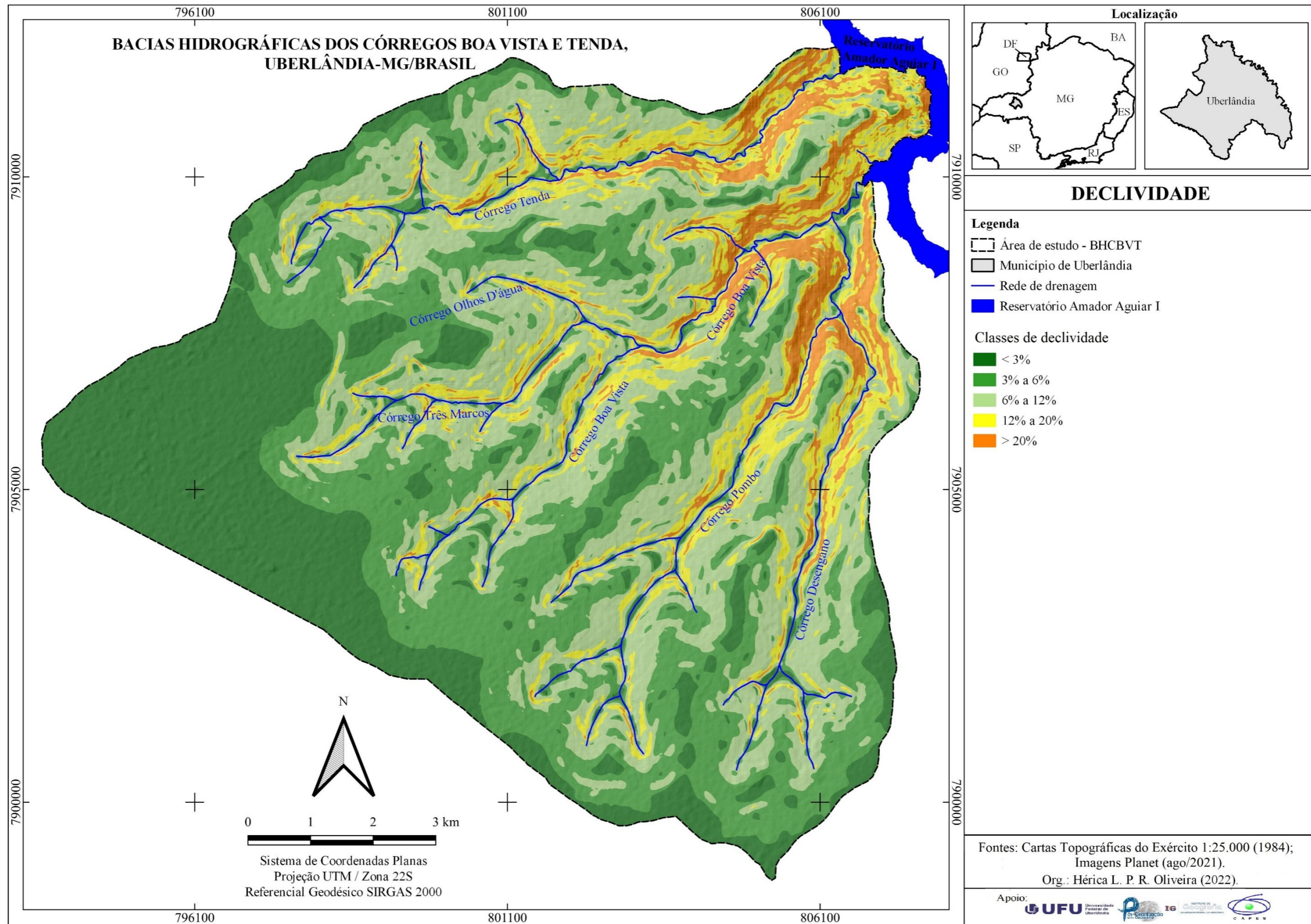
O Mapa 5 apresenta a espacialização das classes de declividade das BHCBVT.

Tabela 8 – Classificação da declividade das BHCBVT.

| Classes de declividade (%) | Área ocupada | |
|-------------------------------|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| 0 - 3 | 27,82 | 23,78 |
| 3 - 6 | 31,64 | 27,05 |
| 6 - 12 | 34,65 | 29,61 |
| 12 - 20 | 14,74 | 12,60 |
| > 20 | 8,14 | 6,96 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2022).

Mapa 5 – Classes de declividade das BHCbvt.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

As Fotos 5, 6 e 7 retratam o relevo da área pesquisada.

Foto 5 – Amostra do relevo em área com declividades de 0% a 6% com altitudes entorno de 930 m (Solo preparado para cultura anual) – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 6 – Amostra do relevo em áreas com declividades de 6% a 12% - relevo suave ondulado a ondulado, com pastagens – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 7 – Amostra do relevo em áreas com declividades maiores que 12% - relevo ondulado a fortemente ondulado, utilizado principalmente com pastagens e cobertura vegetal nativa – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

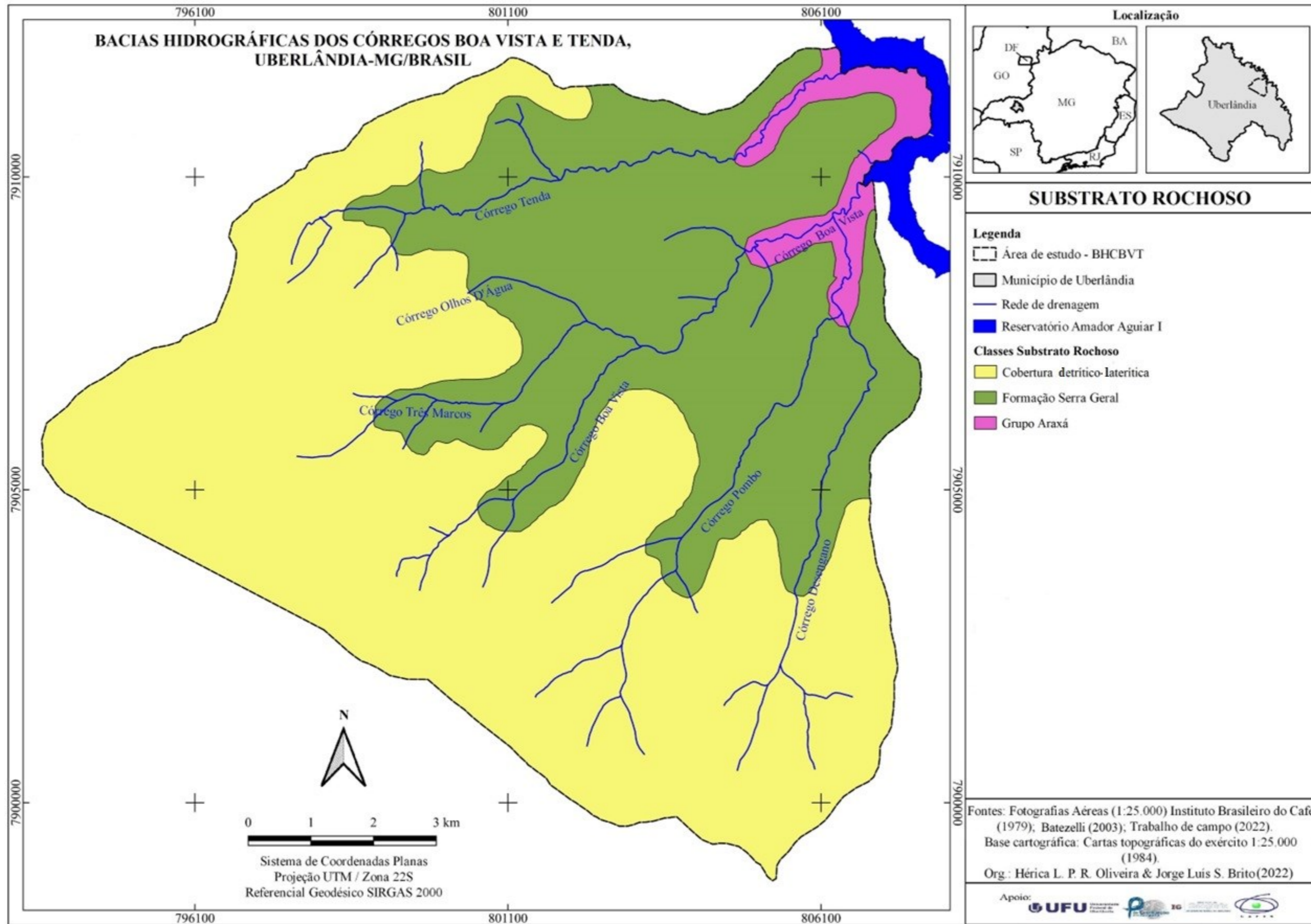
4.1.2 Substrato Rochoso e Materiais Inconsolidados das BHCbVT

O reconhecimento geológico da área estudada tornou-se uma importante fonte de informação a ser analisada devido aos aspectos condicionantes da geologia, somados a outros elementos do meio ambiente, tais como as características dos materiais inconsolidados e a configuração da paisagem. Nesse sentido, o substrato físico-natural de uma paisagem, que tem como base a rocha mãe, que, ao passar pelos processos de intemperismos, forma os diferentes tipos de solos, desempenhando um papel fundamental na análise da paisagem (Chaves, 2021).

De acordo com Nishiyama (1989), o Triângulo Mineiro (região onde se situa as BHCbVT), encontra-se inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, a qual possui base estrutural geológica composta por rochas pré-cambrianas, desenvolvidas devido ao movimento das placas tectônicas, seguida por litologias como as rochas magmáticas e sedimentares.

Conforme o levantamento geológico, o substrato rochoso das BHCbVT corresponde aos metassedimentos do Grupo Araxá, às rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral e à Cobertura detrítico-laterítica (Mapa 6 e Tabela 9).

Mapa 6 – Classes de Substrato Rochoso das BHCbvt.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Tabela 9 – Classificação do Substrato Rochoso das BHCbVT.

| Classes Substrato Rochoso | Área ocupada | |
|--------------------------------|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| Cobertura detrítico-laterítica | 70,57 | 60,33 |
| Formação Serra Geral | 42,38 | 36,23 |
| Grupo Araxá | 4,03 | 3,44 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

A Cobertura detrítico-laterítica (Cenozoico) caracteriza-se por “superfícies aplainadas, geralmente localizadas em cotas superiores a 800 metros, sobre litologias [...] da Bacia Sedimentar do Paraná. Cangas lateríticas na base sob argilas mosqueadas e pacotes argilosos ou areno-argilosos homogêneos com cerca de 20 metros de espessura” (Moreira; Perez Filho, 2020, p. 179). Segundo Nishiyama (1989), os sedimentos cenozoicos são constituídos por leitos de cascalheiras que podem possuir espessuras acima de 10 metros, predominantemente compostos por seixos de quartzo e quartzito.

Na área das BHCbVT, conforme mencionado, os depósitos detrítico-lateríticos estão sobrepostos à Formação Serra Geral, ocupando interflúvios das áreas mais planas, como chapadões e chapadas. Porções de cascalheiras inconsolidadas foram identificadas com presença de quartzo leitoso. Vale mencionar que as lateritas são formações superficiais normalmente ricas em Fe e Al e possui aspecto endurecido em decorrência a lixiviação das bases e sílica, acumulando assim, crostas, couraças e concreções de óxidos de ferro e alumínio.

A Formação Serra Geral é composta por rochas efusivas básicas originadas pela atividade vulcânica ocorrida na Bacia Sedimentar do Paraná, na era Mesozóica, abrangendo áreas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Nishiyama, 1989). Tais rochas são representadas pelos basaltos, que possuem cor escura que varia do cinza escuro ao preto, textura afanítica, fraturas e disjunções colunares e são constituídos por uma variedade de minerais, principalmente silício, alumínio e ferro, na forma de piroxênios (augita), plagioclásios (labradorita) e magnetita (Leinz; Amaral, 1989). De acordo com Nishiyama (1989), os basaltos, na região que abrange a área de estudo, possuem estrutura variada, como o basalto maciço, que predomina nos níveis internos dos derrames, e o basalto vesículo-amigdaloidal, que ocorre na porção de topos dos derrames. A espessura máxima da Formação Serra Geral observada por ele foi de 150 metros.

Na área da presente pesquisa, os basaltos encontram-se recobertos pelas coberturas cenozoicas (Cobertura detrítico-laterítica). Quando expostos em corredeiras dos córregos que compõem as BHCbVT e nos barrancos de estradas, nota-se que algumas dessas rochas possuem

fraturas que são preenchidas por materiais de alteração derivados da própria decomposição das paredes das fraturas.

A Foto 8 e a Figura 15 demonstram materiais da Cobertura detrítico-laterítica e Formação Serra Geral observadas na área pesquisada.

Foto 8 – Materiais rudáceos da Cobertura detrítico-laterítica – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Figura 15 – Afloramentos do basalto da Formação Serra Geral – BHCbVT. À esquerda: Afloramento em talude de estrada. À direita: Cachoeira no baixo curso do C. Três Marcos.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

O Grupo Araxá tem sua formação relacionada à erosão do complexo granito-gnáissico, cujos sedimentos passaram por metamorfismo regional devido à atividade tectônica que, segundo Barbosa *et al.* (1970, p. 21), corresponde a um “grupo de metamorfitos de fácies epidoto-afibolito, consistindo essencialmente de micaxistos e quartzitos, com intercalações de anfibolitos”. Essa unidade geológica é representada pelos “xistos (sericita xisto, muscovita, biotita xisto, muscovita-sericita e granada xisto), pelo quartzito (muscovita quartzito) e pelo gnaiss (muscovita, biotita gnaiss)” (Nishiyama, 1989, p. 11).

Nishiyama (1989) ressalta que o Grupo Araxá tem a exposição de suas rochas em decorrência do profundo entalhamento produzido pelo rio Araguari sobre as unidades subjacentes, constituídas pelos migmatitos básicos da formação Serra Geral.

Os afloramentos do Grupo Araxá, na área das BHCbVT, ocorrem no vale do rio Araguari, no baixo curso das bacias dos córregos Boa Vista e Tenda, onde há uma zona de contato com a Formação Serra Geral, alongando-se no vale encaixado até a foz dos mencionados córregos (Foto 9).

Foto 9 – Gnaisses do Grupo Araxá – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Após o reconhecimento dos materiais inconsolidados (MI) das BHCbVT, foram identificadas 10 classes de MI, incluindo materiais inconsolidados retrabalhados e residuais. Estas classes são:

- Materiais Inconsolidados Retrabalhados: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica (RetCDL); Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral (RetCDLSG); Retrabalhados da Formação Serra Geral (RetSG);
- Materiais Inconsolidados Residuais: Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica (ResPECDL); Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL); Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPESG); Residuais da Formação Serra Geral (ResSG); Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA); e Residuais do Grupo Araxá (ResGA); e
- Hidromórficos (H).

Os materiais inconsolidados retrabalhados são aqueles que passaram por algum tipo de transporte e foram depositados fora do local de sua formação. Em contraste, os materiais residuais são aqueles derivados da ação do intemperismo sobre as rochas e que permanecem no local onde foram formados. Já os materiais hidromórficos são um tipo de MI retrabalhado que apresenta hidromorfismo, caracterizado pela redução do ferro sob a influência hídrica em ambientes mal drenados.

O Quadro 10 apresenta as características de cada classe, e o Mapa 7 representa a espacialização das unidades dos materiais inconsolidados das BHCbVT.

Quadro 10 – Classes e características dos Materiais Inconsolidados das BHCbVT.

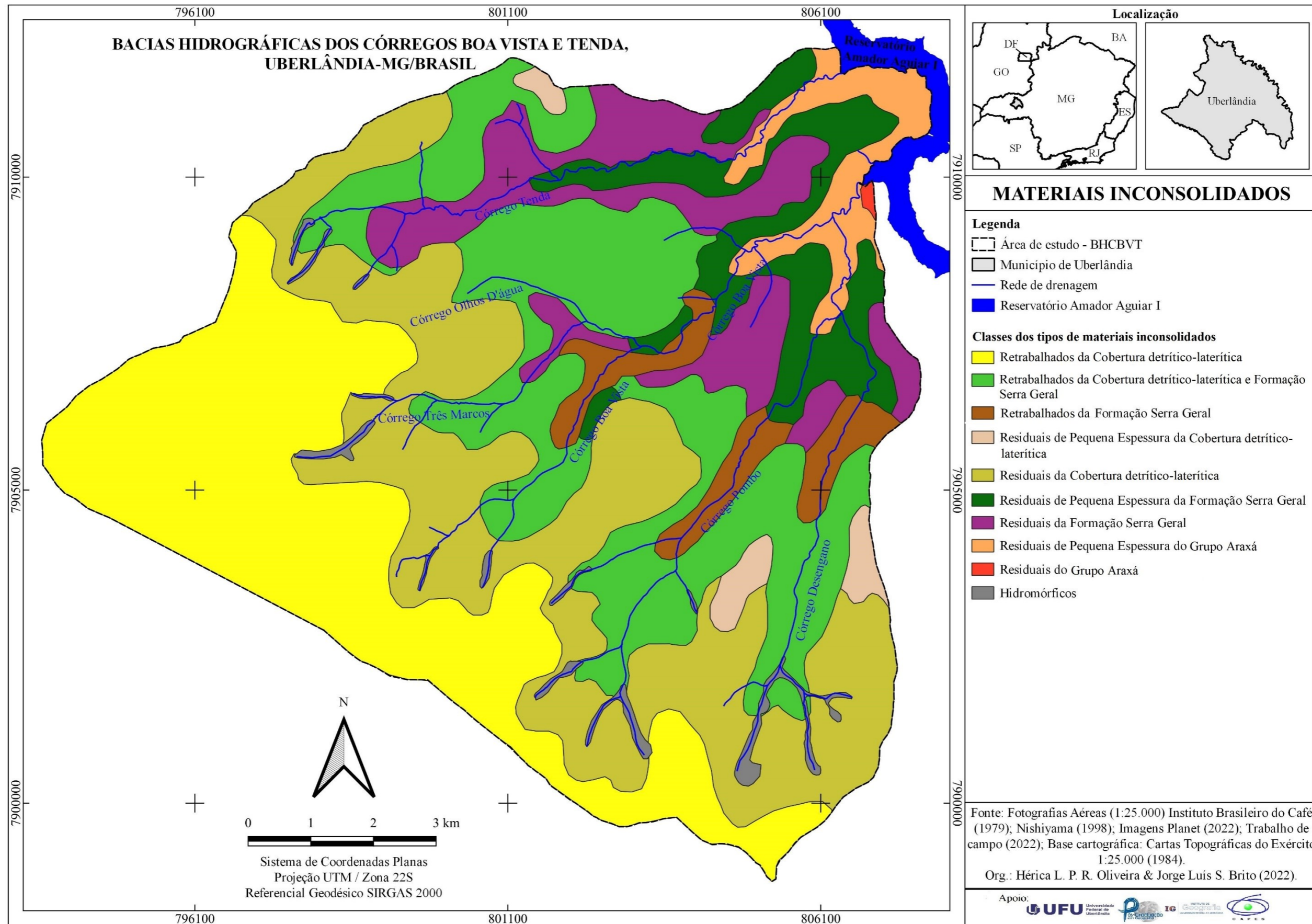
| Unidade / cores no mapa | Classes de Materiais Inconsolidados |
|---|--|
| Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica (RetCDL) | Material inconsolidado derivado da cobertura de chapada (Cenozoico), com espessuras de 5 a 20 metros, textura média a muito argilosa, coloração predominantemente vermelho-escura (2,5 YR 3/6). Aumento na porcentagem de areia ao longo do perfil, no sentido descendente. |
| Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral (RetCDLSG) | Material inconsolidado derivado cobertura de chapada (Cenozoico) e basaltos, com espessuras prevaletentes de 2 a 5 metros, textura média a argilosa, coloração predominantemente vermelho-escura (2,5 YR; 5YR; 10R). Presença de pedregulhos e seixos. |
| Retrabalhados da Formação Serra Geral (RetSG) | Material inconsolidado derivado da contribuição dos residuais da Formação Serra Geral, com espessuras de 2 a 5 metros, textura média a argilosa, coloração predominantemente Bruno-avermelhado-escuro (5YR; 2,5 YR). Presentes em fragmentos de rocha e dispersos ao longo do perfil vertical. |
| Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica (ResPECDL) | Material inconsolidado originado da cobertura de chapada (Cenozoico), com espessuras inferiores a 2 metros, textura arenosa, presença pedregulhos e seixos, coloração vermelho alaranjada, arroxeada bege-acinzentada (2,5 YR). |

Continua

| | |
|---|--|
| Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL) | Material inconsolidado originado da cobertura de chapada (Cenozoico), com espessuras acima de 5 metros, predomínio de texturas arenosa a média, coloração em diferentes matizes de vermelho (2,5 YR – 5,0 YR). |
| Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPSG) | Material inconsolidado originado do basalto da Formação Serra Geral, com espessuras inferiores a 2 metros, textura argilosa, coloração vermelho-escura, ocre-amarelada (10R; 2 YR). |
| Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) | Material inconsolidado originado do basalto da Formação Serra Geral, com espessuras predominantes de 2 a 5 metros, textura argilosa, coloração vermelho-escura (2.5 YR; 5 YR; 10R). |
| Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA) | Material inconsolidado derivado do Embasamento Cristalino do Grupo Araxá, com espessuras inferiores a 2 metros, textura arenosa micácea, coloração esbranquiçada (cinza) a avermelhada (rosada) (10 R), contendo quantidades variáveis de fragmentos rochosos (gnaisses, migmatitos e granitos). |
| Residuais do Grupo Araxá (ResGA) | Material inconsolidado derivado do Embasamento Cristalino do Grupo Araxá, com espessuras de 2 a 5 metros, textura arenosa, com fragmentos angulosos de quartzo na fração areia, coloração vermelho-alaranjada a vermelho-escura esbranquiçada a avermelhada (10 R), contendo quantidades variáveis de fragmentos rochosos (gnaisses, migmatitos e granitos). |
| Hidromórficos (H) | Espessuras variáveis entre 2 a 5 metros, textura arenosa a argilosa, coloração amarelada, ocre e branco-acinzentado. Comum presença de camada orgânica (raramente superiores a 2 metros). |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Mapa 7 – Classes de Materiais Inconsolidados das BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

A Tabela 10 apresenta as classes de materiais inconsolidados com a mensuração de suas áreas. Nota-se a predominância dos MI Retrabalhados e Residuais da Cobertura detrítico-laterítica nas BHC BVT, presentes em 58,87 km² de sua área total.

Tabela 10 – Classificação dos Materiais Inconsolidados das BHC BVT.

| Classes dos Materiais Inconsolidados | Área ocupada | |
|--|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica (RetCDL) | 29,55 | 25,26 |
| Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral (RetCDLSG) | 25,53 | 21,82 |
| Retrabalhados da Formação Serra Geral (RetSG) | 4,41 | 3,77 |
| Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica (ResPEC DL) | 1,75 | 1,50 |
| Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL) | 29,32 | 25,05 |
| Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPESG) | 9,10 | 7,78 |
| Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) | 11,30 | 9,66 |
| Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA) | 4,34 | 3,71 |
| Residuais do Grupo Araxá (ResGA) | 0,17 | 0,15 |
| Hidromórficos (H) | 1,52 | 1,30 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2022).

Os materiais inconsolidados Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica (RetCDL) possuem uma expressiva distribuição espacial nas BHC BVT (25,26%), ficando abaixo somente da unidade RetCDLSG. Desenvolvem-se sobre as partes mais elevadas da área da pesquisa, que ocupam níveis altimétricos entre 901 a 944 metros e apresentam declividade predominante dentro do intervalo de 0% a 3%, correspondendo às áreas de cobertura de chapada. Apresentam coloração vermelha a vermelho-escura.

Em locais onde a declividade é de 0%, nota-se a presença de depressões de baixa amplitude que acumulam temporariamente parte das águas precipitadas durante o período chuvoso do ano. Quando essas áreas são ocupadas por edificações mal planejadas, ocorrem alagamentos, como acontece na área onde se encontra o bairro Morumbi.

Os resultados da granulometria dos pontos amostrados mostraram que os MI dessa unidade apresentam predomínio da fração argila, seguido pela fração areia e silte. Esses resultados coincidem com a análise morfológica, a qual mostrou que esses materiais, quando úmidos, impregnam nas mãos e podem ser moldados, às vezes sim, outras não, evidenciando características de texturas muito argilosa, argilosa e média. No estado seco, mostraram média a alta dificuldade para quebrar e aspecto brilhoso, com partículas muito finas e certa aspereza. Os aspectos mencionados coincidem com seus materiais de origem, com níveis areno-argilosa e argilo-arenosa.

A unidade dos Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Formação Serra Geral (RetCDLSG) ocupa 21,82% (25,53 km²) da área das BHC BVT, fazendo divisa com a maioria das unidades definidas nas BHC BVT. Possui coloração predominante vermelho-escura, com grande semelhança aos Residuais da Formação Serra Geral (ResSG), e uma coloração mais clara quando comparada aos residuais arenosos da Cobertura detrítico-laterítica.

A análise granulométrica apresentou classes texturais média e argilosa, com expressivo valor da fração areia. Em alguns pontos, há presença de pedregulhos e seixos (Foto 10). A sensação ao tato, na maioria das amostras, mostrou expressiva sedosidade e média resistência, apresentando manchas em tons claros.

Segundo Nishiyama (1998), essa unidade possui intervalo de espessura predominantemente de 2 a 5 metros, no entanto, ocorrem valores dentro do intervalo de 5 a 10 metros. Os RetCDLSG ocupam áreas próximas e/ou em contato com os corpos d'água e com áreas da unidade "Hidromórficos". Possui áreas de extensão significativa em contato com o córrego Desengano e, em menor proporção, com os demais cursos d'água das BHC BVT. Está situada entre as cotas de 751m a 900m, nas porções de baixa encosta ou em fundo de vale.

Foto 10 – Linha de seixos - vertente direita do córrego Três Marcos – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Os materiais inconsolidados classificados como Retrabalhados da Formação Serra Geral (RetSG) referem-se àqueles que receberam a contribuição dos residuais da Formação Serra Geral. São compostos por depósitos de origem coluvial que se formaram predominantemente

em áreas de declividades moderadas (6% a 12%) e contíguas a áreas com declividades mais acentuadas.

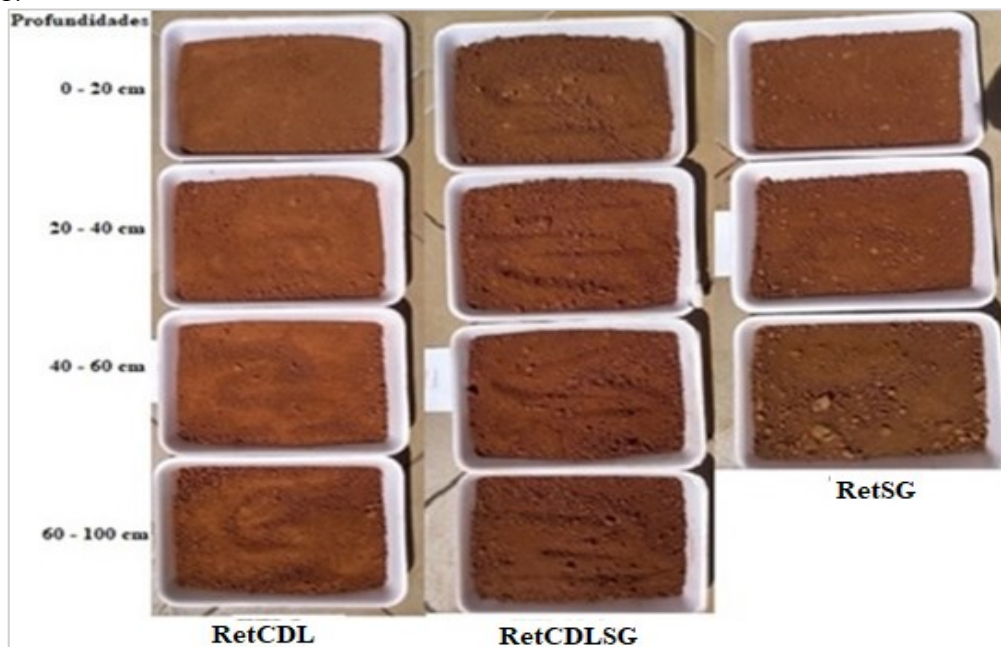
Essa classe de MI está presente em apenas 3,77% das BHCbVT, distribuída em três partes que fazem contato com os córregos Desengano, Pombo e Boa Vista. Está entre outras quatro unidades de MI, sendo elas: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral; e Residuais da Formação Serra Geral.

Os RetSG estão situados entre as cotas altimétricas de 850 – 701 m. O intervalo de espessura predominante é o de 2 a 5 metros. Possuem coloração Bruno-avermelhado-escuro e texturas semelhantes entre areia e argila, com classes texturais média e argilosa.

Morfologicamente, apresentam média resistência quando secos, com partículas menores de torrões se pulverizam. A sensação ao manuseá-los no estado seco é de maior sedosidade, enquanto, quando úmidos, apresentam formas cilíndricas, porém, algumas amostras acabam se quebrando ao final de cada arco.

A Figura 16 apresenta amostras de MI coletadas em três perfis das unidades RetCDL; RetCDLSG; e RetSG, representando aspectos de cor e granulometria.

Figura 16 – Amostras coletadas pro tradagem - Perfis em pontos das unidades RetCDL; RetCDLSG; e RetSG – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

A unidade “Hidromórficos (H) foi identificada nas porções do alto curso dos córregos que compõem as BHCbVT, associando-se aos canais de drenagem (Figura 17 e Foto 11). Nota-se, na figura 17-B, no período de inverno (frio e seco), a presença de água a menos de 5 cm de

profundidade. Esses materiais inconsolidados encontram-se em pequenas parcelas de nascentes próximas à cabeceira dos córregos das BHC BVT, no intervalo de espessura de 2 a 5 metros, sobre a Cobertura detrítico-laterítica.

A análise granulométrica mostrou classes texturais que variam de arenosa a argilosa, enquanto a morfológica revelou que a maioria dos pontos analisados possui características mais arenosas, porém com presença significativa de argila nas menores profundidades do perfil. Essa fração de argila pode ser evidenciada por material carregado. Com isso, a sensação ao tato varia de aspereza a pegajosidade, impregnando as mãos e apresentando medianamente até alta dificuldade para serem quebrados, sendo que, na maioria das vezes pulverizam.

Figura 17 – Materiais inconsolidados hidromórficos nas BHC BVT. A: Margem Córrego Desengano; B: Margem Córrego Três Marcos.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Foto 11 – Hidromorfismo – Nascente (cabeceira) córrego Tenda – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

A unidade denominada Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica (ResPECDL) encontra-se distribuída pela área de estudo em três parcelas: uma no interflúvio do córrego Desengano, a segunda nas bacias dos córregos Desengano e Pombo, seguindo para seus vales fluviais, e a terceira no interflúvio do córrego Tenda, em níveis altimétricos entre as cotas 801 a 900 m, ocupando 1,50% da área total das BHCbVT (Foto 12). Essa cobertura de pequena espessura está na classe inferior a 2 metros.

De acordo com Nishiyama (1998), a textura dos ResPECDL é predominantemente composta por fração areia, com mais de 60% de areia fina a grossa, pertencendo à classe textural arenoso. A presença de silte e argila é reativamente baixa.

A análise morfológica evidenciou que esses materiais inconsolidados possuem uma coloração que varia entre vermelho alaranjado, arroxeado e bege-acinzentada.

Foto 12 – Materiais inconsolidados dos ResPECDL no interflúvio das bacias dos córregos Desengano e Pombo nas BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Os Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL) estão distribuídos por toda a BHC BVT, no sentido noroeste-sudeste, e contornam os canais de 1ª ordem, ocupando principalmente as porções elevadas dos divisores de água e 29,31 km² (25,05%) da área estudada.

Esses residuais fazem limite com as unidades “Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica” nas cotas altimétricas superiores da área da pesquisa, com a classe “Hidromórficos” presentes nas nascentes de cabeceira e com mais 4 unidades: Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral; e Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Formação Serra Geral. É nessa unidade onde estão inseridas todas as nascentes de cabeceira dos córregos que compõe a BHC BVT.

Essa cobertura inconsolidada exhibe predominantemente espessuras acima de 5 metros e muitas vezes maiores que 10 metros (Nishiyama, 1998), com coloração variada de vermelho nos matizes 2,5 YR e 5,0 YR, da tabela Munsell.

Quanto à granulometria dos pontos amostrados, foi observada uma média de 30,54% de fração argila, 9,9% de silte e mais de 56% de areias, enquadrando predominantemente nas classes texturais média e arenosa. Em alguns pontos, os valores das frações apresentaram-se na

classe textural argilosa, porém com valores de areia muito próximos aos da argila. Os maiores teores de areia se justificam pela decomposição da rocha local.

A sensação ao tato demonstrou mais aspereza, seguida de pegajosidade e menor sedosidade. Possui baixa resistência, formando torrões menores. Houve presença de cascalhos e cascalhinhos em algumas amostras. Algumas amostras apresentaram maior impregnação nas mãos, evidenciando assim alta fração de argila.

Um destaque válido nesta unidade é a presença de alguns processos erosivos, o que evidencia os materiais das classes arenoso e médio (areno-argiloso). Nota-se, em pontos onde a porcentagem de finos é maior que a das areias, certa compactação, principalmente nas áreas de pastagem e culturas que utilizam de maquinários pesados. Em tais pontos, o trado manual apresentou dificuldade para perfuração.

A Foto 13 mostra um exemplar de materiais inconsolidados da unidade Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL).

Foto 13 – Materiais inconsolidados da unidade Residuais da Cobertura detrítico-laterítica nas BHCVBVBT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Os Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPESG) são materiais que possuem espessura máxima de 2 metros e texturas com maior fração de finos, enquadrando-se na classe textural argilosa. Os resultados da granulometria mostraram uma porcentagem alta de silte em alguns pontos, enquanto em outros há maior percentual de argila e, algumas vezes, contem fragmentos de basalto.

Na análise morfológica, foram evidenciados grumos, os quais, menores que 1 cm, quebram com facilidade e pulverizam-se, enquanto os maiores grumos são difíceis para serem quebrados. Em maiores profundidades, foram encontrados cascalhos. A sensação que se teve nesses materiais é de talco, com pouca aspereza e média a alta impregnação. Possuem cores variáveis, desde ocre-amarelada a vermelho-escuro (Figura 18). Associam-se as áreas de encostas fluviais, presentes nas declividades de 12% a 20% e superiores a 20%, ocupando 7,78% de área estudada.

Figura 18 – Materiais Inconsolidados Residuais Pequena Espessura da Formação Serra Geral (ResPESG) nas BHCVT. Presença de grumos na coleta e torrões após secar.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

A unidade dos Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) possui uma espessura pequena, que variam entre 2 a 5 metros e, segundo Nishiyama (1998), poucas vezes ultrapassa o limite superior do intervalo.

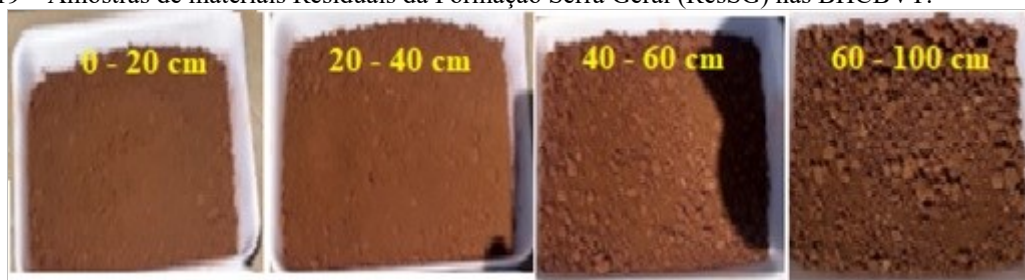
Essa unidade faz limite com os Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Formação Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Cobertura

detrítico-laterítica; Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral; e Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá, ocorrendo com maior expressividade nas vertentes do córrego Tenda.

A litologia basáltica da Formação Serra Geral ocupa superfícies relativamente pequenas (9,66%) e está esparsa ao longo das BHCVT, geralmente associada às porções de menor declividade (predomínio das classes de declividade 3% a 12%).

Ao realizar a tradagem, para amostragem dos materiais inconsolidados, observou-se em alguns pontos que esses materiais, em profundidade, passam gradualmente de saprolitos de basalto para basalto alterado e, por último, para rocha sã, de acordo com a descrição de Nishiyama (1998). Nota-se também uma variação textural ao longo do perfil. A coloração é avermelhada escura (Figura 19).

Figura 19 – Amostras de materiais Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) nas BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Os resultados da granulometria demonstraram que é uma unidade composta por materiais inconsolidados de frações muito finas, com mais de 42% de argila e 26% de silte, sendo classificada na classe textural argilosa. Um dos pontos analisados apresentou, em seu perfil, a fração argila nas porcentagens de 53,1% (0 a 20 cm de profundidade), 57,3% (de 20 a 40 cm) e 60,0% (40 a 60 cm), além da presença de cascalhos em maior profundidade, evidenciando a influência do material de origem. Vale ressaltar que, nesse ponto, não foi possível aprofundar o furo com o trato manual em virtude do contato com o material consolidado.

Os ResSG apresentam, morfologicamente, grumos. A sensação ao tato é de estar em contato com talco e, quando os grumos maiores secaram, houve dificuldade para serem quebrados. Em contraste, os grumos menores quebraram com mais facilidade, alguns se pulverizando.

A área de ocorrência dos Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA) compreende uma parcela de 4,34 km² da área pesquisada, encontrando-se no baixo curso de

todos os córregos que compõe as BHCBVT, nas menores cotas altimétrica (700 a 617 m). A partir da menor altimetria, desaparece sob as águas do Reservatório Amador Aguiar I.

Esses residuais encontram-se nas espessuras inferiores a 2 metros e possuem coloração cinza-esbranquiçada ao vermelho-rosado, contendo fragmentos rochosos. Possuem textura arenosa micácea com frações maiores de areias (fina a pedregulhos), contendo alta porcentagem de silte, porém menor que a das areias, de acordo com Nishiyama (1998) (Foto 14).

Foto 14 – Materiais Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA) nas BHCBVT.



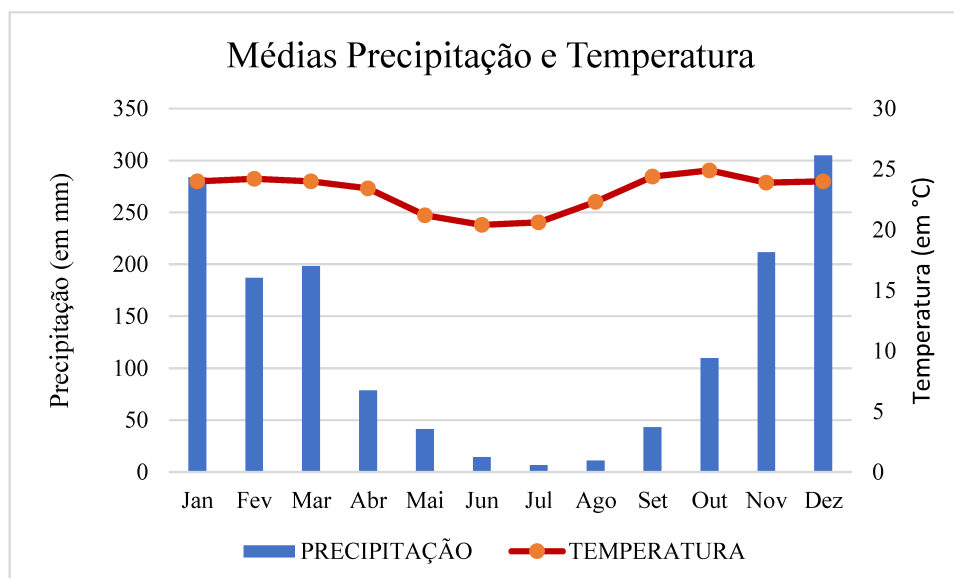
Fonte: Acervo da autora (2022).

A unidade denominada Residuais do Grupo Araxá (ResGA) se diferencia da unidade ResPEGA por apresentar espessuras de 2 a 5 metros, segundo Nishiyama (1998) e coloração que varia de vermelho-alaranjada a vermelho-escuro. Essa unidade constitui-se predominantemente de frações areia e argila, possuindo em sua composição fragmentos angulosos de quartzo (Nishiyama, 1998). Ocorre em apenas 0,15% da área em pesquisa, em contato com e sob as águas do Reservatório Amador Aguiar I.

4.1.3 Condições climáticas

Os valores de médias de temperatura e os totais de precipitação da cidade de Uberlândia, com base na série histórica de 1994 a 2023, estão sintetizados no Climograma apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Climograma da cidade de Uberlândia-MG – representando as características climáticas das BHCBVT (1994 a 2023).



Fontes: Ministério da Agricultura – 5º Distrito de Meteorologia/Estação Uberlândia / Estação de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia / BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Org.: A autora (2023).

Conforme os dados registrados, observa-se que as precipitações se concentram entre os meses de outubro e março, com picos ocorrendo em janeiro e dezembro, com 283,9 mm e 304,9 mm, respectivamente. As menores médias de precipitação foram registradas entre abril e setembro, acumulando valores abaixo de 100 mm. O mês de abril apresenta o maior valor (78,6 mm), enquanto julho e agosto têm os menores valores médios de precipitação, com 6,9 mm e 11,1 mm, de modo respectivo. A precipitação média anual foi de 1491,3 mm.

Em relação às temperaturas médias, os meses mais quentes compreendem o período de setembro a abril, sendo os meses de setembro e outubro os que apresentam os valores mais elevados, de 24,4 °C e 24,9 °C, respectivamente. As temperaturas mais amenas foram registradas no período de maio e agosto, que correspondem aos meses mais frios.

A partir destas informações, pode-se afirmar que as condições macroclimáticas de Uberlândia não são suficientes para estabelecer critérios de avaliação das potencialidades para a recarga dos cursos d'água. No entanto, elas servem para demonstrar a variabilidade climática e as alterações ocorridas ao longo do tempo, o que gera atenção para as mudanças climáticas e seu impacto na segurança hídrica de modo geral.

4.1.4 Nível de Água

As informações resultantes do levantamento sobre a profundidade do nível d'água estão apresentadas na Tabela 11 e representadas no Mapa 8, na forma de classes de intervalos de profundidades.

Tabela 11 – Classificação do Nível de Água - NA das BHCbVT.

| Classes Nível de Água (metros) | Área ocupada | |
|---------------------------------------|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| 0 - 2 | 1,98 | 1,69 |
| 2 - 5 | 27,76 | 23,73 |
| 5 - 10 | 39,62 | 33,87 |
| 10 - 20 | 34,20 | 29,23 |
| > 20 | 1,75 | 1,50 |
| NA. controlado pelo substrato rochoso | 11,69 | 9,99 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

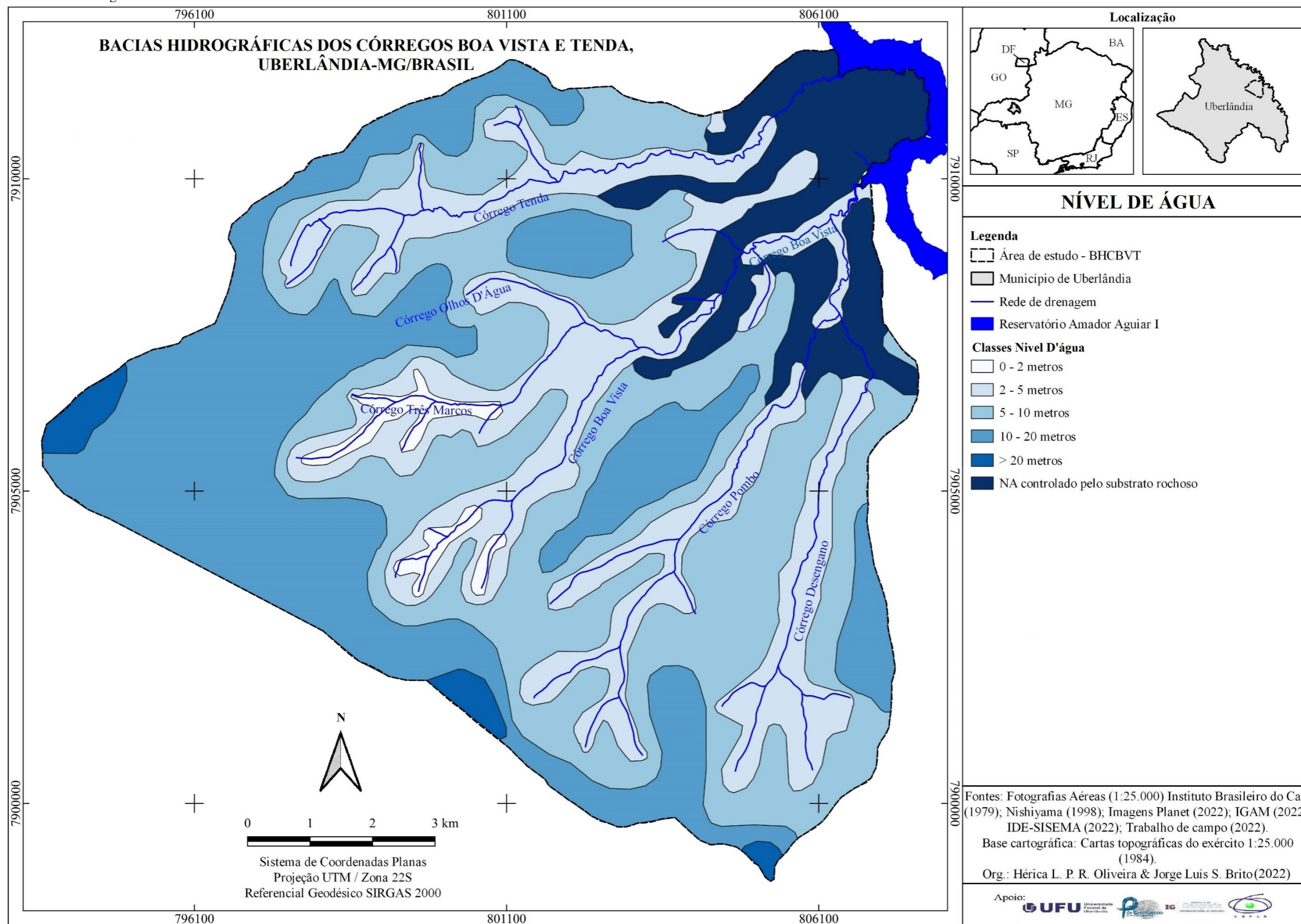
Segundo Nishiyama (1998), o intervalo de 0 a 2 metros de profundidade é a segunda menor classe em termos de superfície de ocorrência, ocupando apenas 1,69% da área mapeada. As profundidades do NA, dentro desse intervalo estão presentes nas nascentes de cabeceira e relacionam-se às áreas de ocorrência de conglomerados da Cobertura detrítico-laterítica, geralmente associadas a afloramentos de basalto em subsuperfície.

Ainda de acordo com autor mencionado:

- A classe que possui intervalo de 2 a 5 metros acompanha os canais de drenagens, com faixas de largura variáveis. Essa configuração depende das formas dos vales e da espessura do material inconsolidado. Ocupa aproximadamente 24% da área total das BHCbVT;
- Nos níveis topográficos mais elevados, próximos aos divisores d'água, nas porções de chapada que contornam as nascentes da área de estudo, encontra-se o intervalo de 5 a 10 metros de profundidade do NA. Este intervalo abrange quase 34% da superfície, sendo o de maior taxa de abrangência;
- As profundidades entre 10 a 20 metros contemplam 29,23% da superfície das BHCbVT e compõem uma classe que se localiza nos altos topográficos, junto às áreas de chapadas e interflúvios.

A ocorrência de profundidades do NA acima de 20 metros está presente nos altos topográficos, em três pequenas parcelas. Uma dessas parcelas está situada no setor oeste, mais especificamente onde se encontra o bairro Morumbi. Outra está na direção norte, e a terceira numa posição entre sul e sudeste da área estudada. Esta é a classe com menor ocupação da superfície, apenas 1,5% do total das BHCbVT (Nishiyama, 1998).

Mapa 8 – Classes do Nível de Água das BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Existe uma sexta classe que se refere às áreas onde prevalecem coberturas inconsolidadas residuais e retrabalhadas de pequena espessura, a qual ocupa quase 10% da superfície da área de estudo, denominada “NA controlado pelo substrato rochoso” (Nishiyama, 1998). Em conformidade com o que foi evidenciado pelo mesmo autor, nessas áreas não se pode observar o nível d’água devido à percolação profunda da água de infiltração, por meio do sistema de fraturas, pois são locais com exposição de materiais do substrato rochoso, constituídos de basaltos ou rochas do Embasamento Cristalino Indiferenciado. Assim, essa classe possui características específicas, de acordo com Nishiyama (1998)

[...] a retenção da água de infiltração pelos materiais inconsolidados assume um caráter temporário de curta duração. Apenas nos períodos de elevada pluviosidade verifica-se a saturação da camada inconsolidada, embora a percolação profunda através do substrato rochoso esteja continuamente em processo. Encerrando o período chuvoso, toda a água passa para o meio rochoso [...] quando a alteração do topo rochoso forma uma camada residual impermeável ou, ainda, quando as estruturas rochosas orientam-se de forma tal que dificultam a percolação [...] a água de infiltração escoar pela interface topo rochoso-materiais inconsolidados, indo formar, mais adiante, as fontes (perenes ou temporárias) (Nishiyama, 1998, p. 268).

4.1.5 Espessuras dos Materiais Inconsolidados

A caracterização das Espessuras dos Materiais Inconsolidados foi realizada a partir do mapeamento feito por Nishiyama (1998), incluindo observações em campo, correlações de proximidade, profundidade do NA; tipos de substrato rochoso, cotas altimétricas, entre outros atributos já mencionados nos procedimentos técnico-metodológicos.

Ao analisar a classificação das unidades das espessuras dos MI, observa-se que a classe de espessuras superiores a 10 metros corresponde ao relevo de chapadas, localizadas desde o setor noroeste até a porção sul das BHCBVT, com divisa dessa classe muito próxima à maioria das nascentes da área de estudo.

Em posição espacial contrária à classe anteriormente mencionada, encontram-se as menores espessuras (0 a 2 metros), que se situam primordialmente no baixo curso dos córregos que compõem a área de estudo. Também estão presentes no interflúvio dos córregos Desengano e Pombo, em duas pequenas partes: uma no setor norte e outra no setor sudeste, além de uma expressiva presença no médio curso do córrego Tenda.

O intervalo de 2 a 5 metros apresenta a maior distribuição espacial pelas BHCBVT, abrangendo praticamente 68% das nascentes. Esse intervalo é observado em pequenas parcelas da cobertura de chapadas, bem como em áreas residuais da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral, envolvendo os vales de todos os cursos d’água da área estudada.

A classe com profundidades entre 5 a 10 metros alterna-se com a classe de 2 a 5 metros e é evidenciada no interflúvio entre os córregos Pombo e Boa Vista. Também está presente nas porções norte a sudeste da BHCbVT.

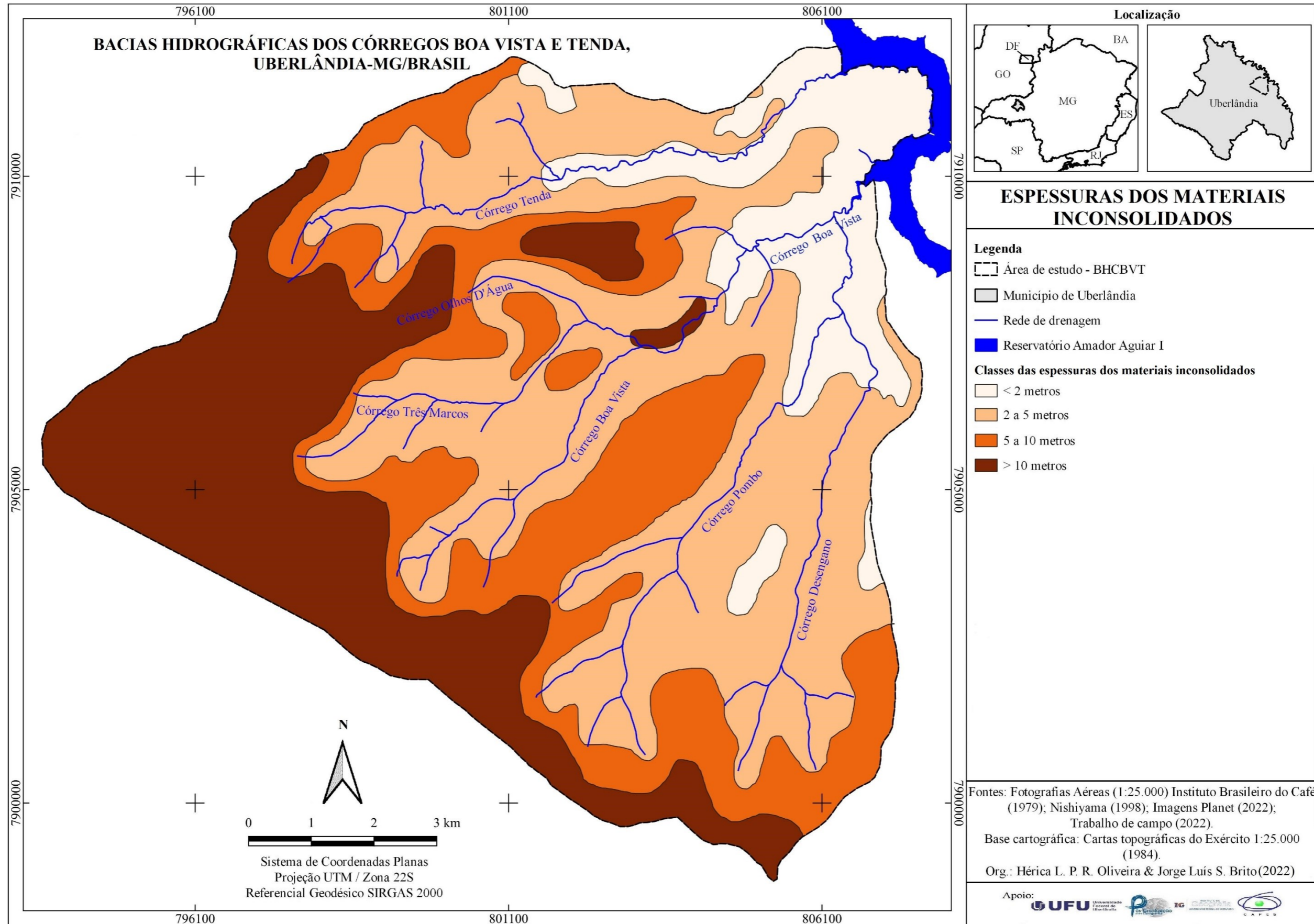
A Tabela 12 mostra a distribuição das classes dos materiais inconsolidados na BHCbVT, e o Mapa 9 ilustra a distribuição espacial dos mesmos.

Tabela 12 – Classificação das Espessuras dos Materiais Inconsolidados das BHCbVT.

| Classes das Espessuras do MI (metros) | Área ocupada | |
|--|-------------------------|---------------|
| | (km²) | (%) |
| < 2 | 13,65 | 11,67 |
| 2 a 5 | 47,12 | 40,28 |
| 5 a 10 | 25,87 | 22,12 |
| > 10 | 30,34 | 25,94 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Mapa 9 – Classes das Espessuras dos Materiais Inconsolidados das BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

4.1.6 Cobertura e uso da terra das BHCbVT

Segundo Santos (2004), o uso e a ocupação da terra – nesta pesquisa, utiliza-se do termo “cobertura e uso da terra”, designado pelo IBGE – é um tema norteador para o planejamento ambiental. Essa temática retrata, especialmente, as atividades humanas que podem evidenciar impactos e pressão sobre os recursos hídricos.

O levantamento e o mapeamento da cobertura e uso da terra, bem como suas análises, configuram-se como instrumentos importantes que apontam para a antropização da paisagem natural e subsidiam a análise de problemas originados pela ocupação desordenada.

A Tabela 13 representa a quantificação das classes de cobertura e uso da terra das BHCbVT no ano 2022, e o Mapa 10 mostra a espacialização dessas classes.

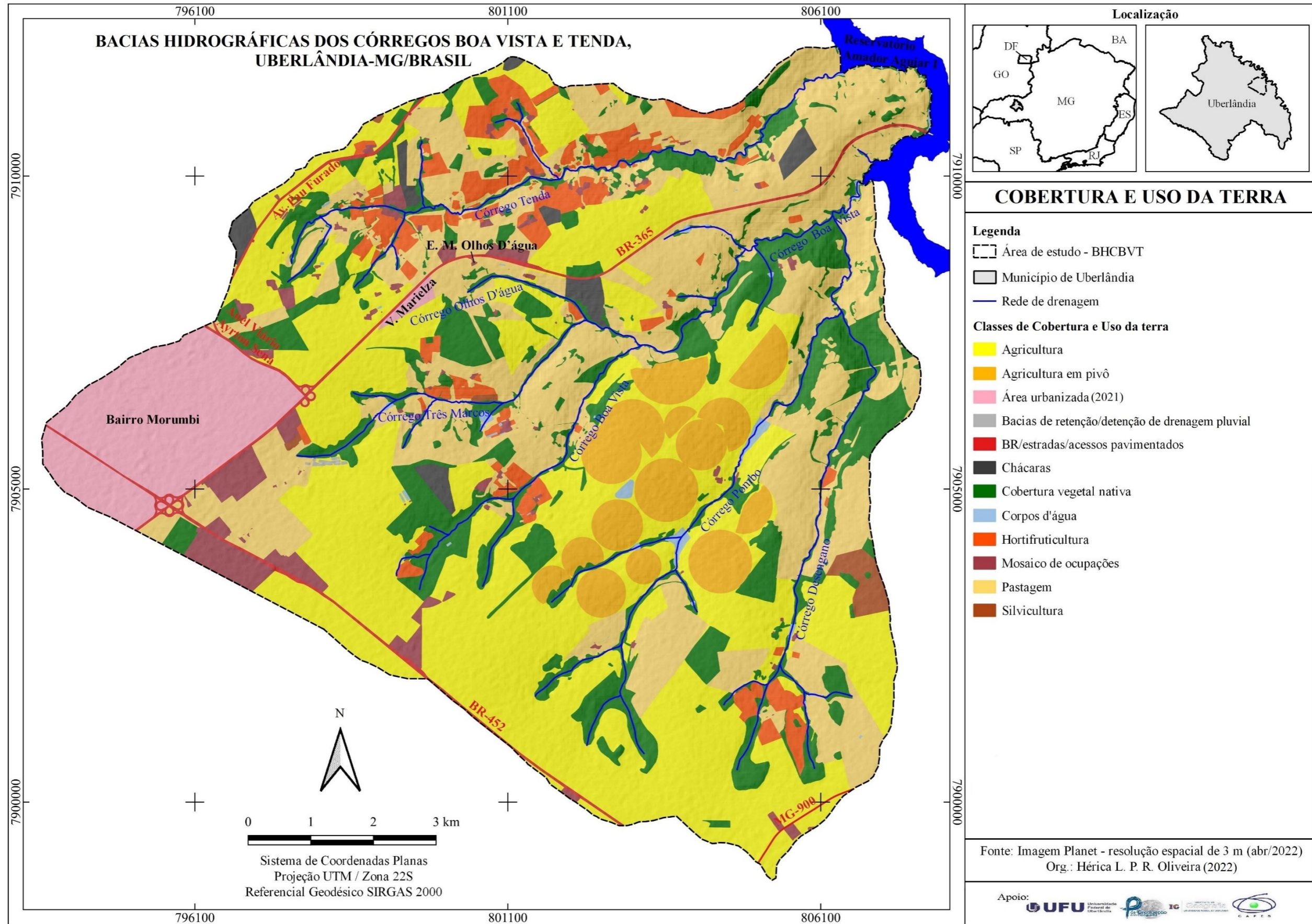
Tabela 13 – Classificação da cobertura e uso da terra das BHCbVT.

| Classes de usos da terra | Área ocupada | |
|---|--------------------|---------------|
| | (km ²) | (%) |
| Agricultura | 40,76 | 34,85 |
| Agricultura em pivô | 7,06 | 6,03 |
| Área urbanizada | 7,91 | 6,76 |
| Bacias de retenção/detecção de drenagem pluvial | 0,04 | 0,03 |
| BR/estradas/ acessos pavimentados | 0,56 | 0,48 |
| Chácaras | 1,34 | 1,15 |
| Cobertura vegetal nativa | 19,87 | 16,98 |
| Corpos d'água | 0,49 | 0,42 |
| Hortifruticultura | 5,57 | 4,76 |
| Mosaico de ocupações | 3,14 | 2,68 |
| Pastagem | 29,64 | 25,34 |
| Silvicultura | 0,61 | 0,52 |
| Total | 116,99 | 100,00 |

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A classe “Agricultura” é representada neste estudo pelas culturas permanentes de café e temporárias de soja, milho e milheto (com sistemas de plantio direto ou convencional). A “Agricultura em pivô” é constituída pela agricultura irrigada por pivô central, que inclui culturas temporárias como soja, milho e milheto. As áreas ocupadas por essas duas classes de uso da terra somam 47,82 km², o que corresponde a 40,88% das BHCbVT, sendo 34,85% atribuídos à agricultura e 6,03% à agricultura em pivô (Figura 20).

Mapa 10 – Cobertura e Uso da terra das BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

Figura 20 – A esquerda plantio de soja e a direita plantios soja, milho agricultura em pivô – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

A “Área urbanizada” corresponde a 6,76% das BHCbVT, com presença, principalmente, de construções residenciais e setores comerciais que compõem os bairros Morumbi e Alvorada, além de parte do bairro Novo Mundo e do Residencial Integração. Nesses bairros e loteamentos, são observadas moradias destinadas à população com menor poder aquisitivo, exceto no bairro Novo Mundo, que abriga residências de melhor porte estrutural. O sistema viário, em sua maioria, é pavimentado, e na área do bairro Morumbi ocorrem, anualmente, alagamentos em algumas vias de trânsito. A região possui espaços de lazer, como praças e outros equipamentos urbanos de saúde e educação, e está localizada predominantemente na cabeceira do córrego Três Marcos, ocupando uma pequena parcela da cabeceira do córrego Tenda (Foto 15).

As “Bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial” representam a classe onde há estruturas físicas inseridas sobre terreno da cabeceira do córrego Três Marcos. Essas estruturas fazem parte do sistema de drenagem pluvial do bairro Morumbi e são representadas por tanques de retenção/detenção da drenagem pluvial oriunda desse bairro (Foto 16). Essas bacias têm o formato de tanques e são consideradas como reservatórios que, em nível de micro e macrodrenagem, podem ser de detenção ou retenção. Os reservatórios de detenção são mantidos a seco e retêm as águas oriundas da drenagem pluvial apenas durante e após as chuvas, enquanto os de retenção mantêm um certo volume de água, servindo também como locais de recreação, paisagísticos, entre outras funções (Canholi, 2005).

Foto 15 – Vista parcial da área urbana – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 16 – Bacias de infiltração da água pluvial oriunda do bairro Morumbi. Margem direita da nascente do córrego Três Marcos – BHCbVT. 1: Bacias detenção; 2: Bacia de retenção.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Os espaços compostos condomínios de chácaras, na zona rural, estão classificados na classe “Chácaras”. Eles constituem sete áreas de chácaras, sendo uma na bacia do córrego Boa Vista, uma na bacia do córrego Olhos D’Água, três na bacia do córrego Tenda e duas no interflúvio das bacias do córrego Tenda e Marimbondo (Fotos 17 e 18).

Foto 17 – Áreas de chácaras (Condomínio Chácaras Vitória) na bacia do córrego Tenda – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 18 – Áreas de chácaras (Condomínio Golden Villhage) na bacia do córrego Boa Vista – BHCVT.



Fonte: Acervo da autora (2022).

A classe denominada “BR/estradas/aceessos pavimentados” abrange os espaços ocupados por vias pavimentadas, incluindo as rodovias BR 365, BR 452 e MG 900, que correspondem, respectivamente, aos trechos que ligam Uberlândia a Araxá, Uberlândia a Patos de Minas e Uberlândia a Capela da Saudade. Inclui também a Av. Pau Furado (Estrada Pau

Furado), que conecta o setor urbano de Uberlândia à Captação Capim Branco, localizada no Reservatório Amador Aguiar I, e o Anel Viário Ayrton Senna – setor leste (Figura 21).

Figura 21 – À esquerda: vista parcial da Estrada do Pau Furado; À direita: vista do entroncamento da BR 365 com o Anel Viário Ayrton Senna Setor Leste – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

A “Cobertura vegetal nativa” ocupa 16,98% das área total das BHCbVT e compreende as áreas compostas por remanescentes das fitofisionomias do Cerrado, como Mata de galeria, Vereda, Cerrado *Stricto Sensu* - típico, Cerradão e Matas Secas, as quais foram identificadas seguindo a representação dos tipos de vegetação do bioma Cerrado expressa por Ribeiro e Water (2008) (Figura 22).

Figura 22 – Representação dos tipos de vegetação do bioma Cerrado.



Fonte: Ribeiro e Water (2008). Org.: A autora (2022).

A Vereda, associada aos solos hidromórficos, ocorre nos vales e/ou áreas planas, acompanhando linhas de drenagem mal definidas, e nas áreas de nascentes, bem como em borda das Matas de Galeria. Essa fisionomia do Cerrado está associada à Mata de Galeria existente

na cabeceira do córrego Três Marcos. O Cerrado *Stricto sensu*, caracterizado por árvores tortuosas de porte médio a baixo, com cascas grossas, está presente em pequenas parcelas na porção mais plana da área de estudo, assim como o Cerradão. As Matas Secas (Semidecídua e Sempre-Verde) estão presentes no baixo curso dos córregos Desengano, Pombo, Boa Vista e Tenda (Figura 23; Fotos 19, 20 e 21).

Figura 23 – A: Vereda do córrego Três Marcos; B: Mata de Galeria associada a Vereda do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Foto 19 – Remanescentes do Cerrado Sentido Restrito - típico – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 20 – Remanescentes da fitofisionomia Cerradão – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 21 – Matas secas (Semidecídua e Sempre-Verde) – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

“Corpos d’água” é a classe que engloba as áreas ocupadas por acumulação de águas superficiais, como cursos d’água, lagos, lagoas e barramentos. Os córregos das BHCbVT são cursos d’água estreitos e rasos, com barramentos em seus trajetos. Essa classe corresponde a 0,42% da área de estudo (Fotos 22 e 23).

Foto 22 – Barramento no córrego Pombo – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 23 – Córrego Três Marcos em seu baixo curso – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

A classe “Hortifruticultura” corresponde às áreas marcadas pela presença de plantações de hortaliças, legumes e frutas, predominantemente realizadas pela agricultura familiar, ocupando 4,76% da área total (5,57 km²) (Foto 24).

Foto 24 – Hortaliça e bananal na bacia do córrego Tenda – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

“Mosaico de ocupações” é a classe que representa os locais da zona rural onde existem edificações, como barracões, sedes rurais, currais e instalações empresariais (Fotos 25 e 26).

Foto 25 – Barracão existente na bacia do córrego Boa Vista – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 26 – Curral existente na bacia do córrego Pombo – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

A classe “Pastagem” representa as áreas predominantemente compostas por gramíneas destinadas ao pastoreio do gado, como, por exemplo, a braquiária. Algumas dessas áreas possuem arbustos e árvores esparsas (Fotos 27 e 28).

Foto 27 – Área de pastagem na vertente esquerda do córrego Desengano – BHCBVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 28 – Área de pastagem (campo sujo) na vertente direita do córrego Pombo – BHCBVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

A classe “Silvicultura” está inserida em duas pequenas áreas das BHCBVT com plantio de eucalipto. Uma delas está na vertente direita do córrego Desengano e a outra, quase que totalmente extinta, está localizada na cabeceira do córrego Três Marcos (Foto 29).

Foto 29 – Eucalipto na vertente direita do córrego Desengano – BHCBVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

4.1.7 Breve histórico de ocupação das BHCBVT

A ocupação das BHCBVT começou em 1827, com a chegada de pessoas procedentes da região oeste da Província de Minas Gerais (Campo Belo, Oliveira, Tapicirica, Formigas e Santana do Jacaré) (Arantes, 2003). Segundo o autor, quatro irmãos (Luiz Alves Carrejo, Antônio Alves Carrejo, Francisco Alves Carrejo e Felisberto Alves Carrejo) adquiriram terras devolutas ali, onde posteriormente dividiram as fazendas Olhos D’Água, Lage, Tenda e Marimbondos, ficando Luiz com áreas dos Olhos D’Água e Felisberto com as do Tenda, ambas componentes da área de estudo, formando assim o núcleo conhecido por “Carrejos”.

Após algum tempo, as famílias Peixoto, Morais, Barboza, Rodrigues, Gomes Martins, Ferreira e Carvalho tornaram-se vizinhas e se aliaram às famílias “Carrejos”, construindo novos lotes. Essas famílias desmataram mata virgem para o plantio de gêneros alimentícios e a criação de gado. Utilizavam carros de bois, o que levou à ampliação dos trilheiros para as estradas de rodagem do trânsito comercial (Arantes, 2003; Oliveira, 2012).

Nessa região onde se encontra as BHCBVT, foram instaladas as primeiras indústrias agrícolas do município de Uberlândia, como o engenho de cana, monjolo, carpintaria, tenda de ferreiro e fiandeiras que fabricavam os tecidos de lã e algodão. A pioneira foi a tenda de ferreiro, onde eram fabricadas facas, enxadas, foices e ferragens para carros (Arantes, 2003).

A população do núcleo “Carrejos” foi se expandindo e, com isso, houve a necessidade de se instituir uma escola de alfabetização para as crianças, a Escola da Tenda, criada por Felisberto Carrejo, que era chamado pela população de mestre (Arantes, 2003) (Foto 30).

Foto 30 – Vista frontal da Escola da Tenda na bacia hidrográfica do córrego Tenda - década de 1846.



Fonte: Arantes (2003).

Sabe-se que as características naturais (água, campos, florestas e clima) propiciaram a presença dos primeiros plantios para subsistência nas BHCBVT. Assim, a área de estudo foi ocupada, primeiramente, pelo pequeno povoado inicial dos “Carrejos” e tem um histórico de desenvolvimento da hortifruticultura há anos. Ao longo do tempo, a maioria das propriedades foi sendo desmembrada, mas continuou com essa atividade (Foto 31 e 32).

Foto 31 – Representação da hortifruticultura nas BHCbVT em 2011 (Bananal à esquerda e chuchu à direita).



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2011).

Foto 32 – Hortifruticultura (1:Bananal; 2: Hortaliças-Variadas; 3: Abóbora) nas vertentes do córrego Tenda – BHCbVT.



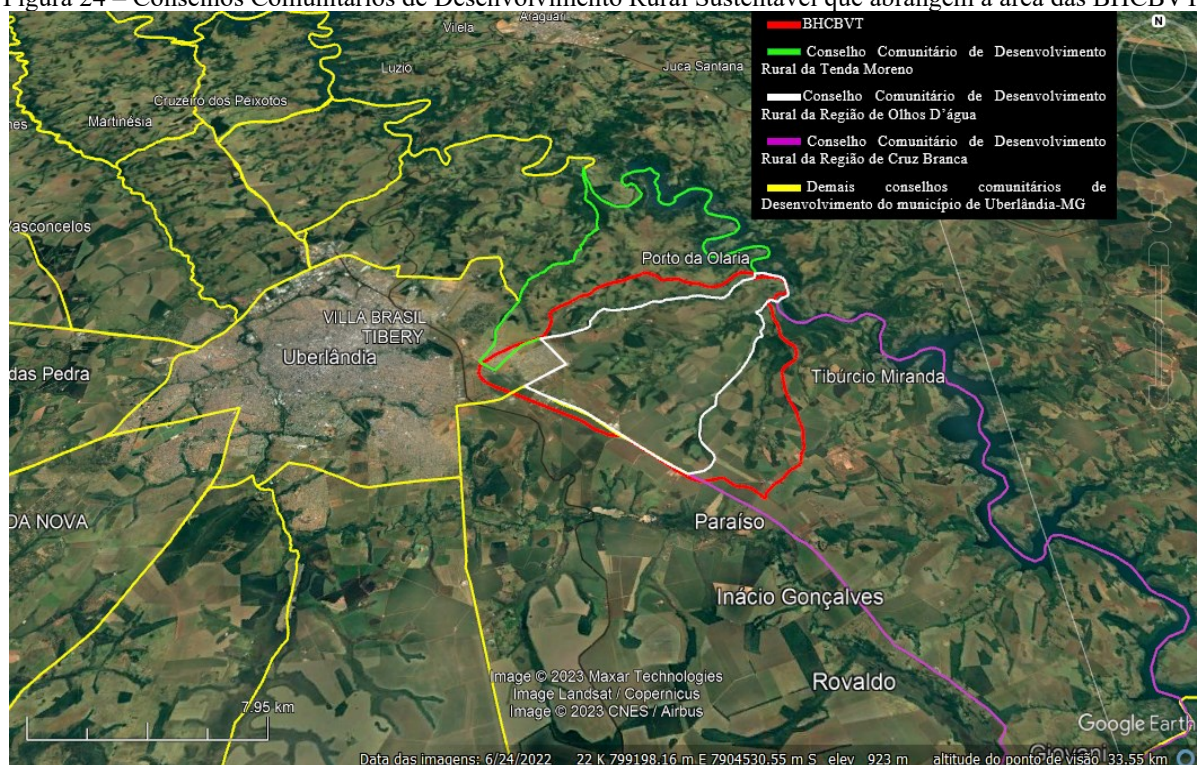
Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

4.1.8 Aspectos socioprodutivos, culturais e serviços públicos básicos nas BHCbVT

Vale mencionar que, nas BHCbVT, estão presentes três Conselhos Comunitários de Desenvolvimento Rural Sustentável: o Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Olhos

D'Água; o Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Tenda do Moreno; e o Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Cruz Branca. O primeiro conselho mencionado está totalmente inserido dentro da área das BHCVT, enquanto apenas parcelas das áreas do segundo e do terceiro conselho estão inseridas na área estudada (Figura 24).

Figura 24 – Conselhos Comunitários de Desenvolvimento Rural Sustentável que abrangem a área das BHCVT.



Fonte: Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação (2022). Org.: A autora (2022).

Vale mencionar que os conselhos comunitários de desenvolvimento rural têm como objetivo garantir a participação efetiva dos membros das comunidades locais. Segundo Santos e Santos (2017, p. 4) “[...] são importantes na definição de prioridades comunitárias, constituindo-se como um espaço de envolvimento socioterritorial das comunidades”.

A produção de hortifruticultura predomina na bacia do Tenda e em partes das bacias dos córregos Boa Vista, Três Marcos e Desengano, sendo a maioria dos produtos ali produzidos destinados à Central de Abastecimento de Minas Gerais – CEASA MINAS UBERLÂNDIA, e outra parte é comercializada em outros municípios e capitais (São Paulo-SP e Brasília-DF), especialmente a banana, que é destaque na bacia do Tenda (Foto 33).

A soja e o milho produzidos nas BHCVT têm como destino as multinacionais de grãos Cargill e ADM do Brasil para o comércio de exportação. O milho também é utilizado para silagem na pecuária leiteira da própria propriedade produtora ou para propriedades vizinhas. O

leite é destinado aos laticínios de Uberlândia. As áreas de pastagem também representam os locais onde há criação de outros animais, como equinos.

Foto 33 – Plantação de banana na bacia do córrego Tenda - Comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

As famílias inseridas na área do Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Tenda do Moreno têm características de pequenos e médios produtores rurais e agricultores familiares. A maioria é produtora de hortifruticultura, seguindo em ordem decrescente de atividades: pecuária, agricultura, suinocultura e piscicultura (Fotos 34, 35 e 36). Seus produtores têm mais de 50 e concluíram apenas o ensino fundamental, mas a maioria de seus filhos cursa faculdade na área de agronegócio. Possuem energia elétrica fornecida pela Companhia Energética de Minas Gerais S. A. (CEMIG), acesso à internet e têm como fontes de água poços tubulares e córregos. A maioria das propriedades possui fossa séptica, que foi construída a partir de um projeto do Departamento Municipal de Água e Esgoto-DMAE em contrapartida a construção da Estação de Tratamento de Água Capim Branco (ETA Capim Branco). Os resíduos sólidos (lixo convencional) gerados por essa comunidade são armazenados em caçambas localizadas em pontos estratégicos, que posteriormente são coletados pela equipe do DMAE, responsável pela coleta de resíduos sólidos no município de Uberlândia. Além disso, há parceria dessa comunidade com o Instituto Estadual de Floresta – IEF na construção de abrigos para descarte adequado de resíduos recicláveis.

Foto 34 – Plantação de chuchu na bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 35 – Plantação de abacate na bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 36 – Plantação de sorgo bacia do córrego Tenda na comunidade Tenda do Moreno – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Para Andrade (2007, p. 42), “[...] as demandas do mercado por produtos hortifrutigranjeiros e as imposições da reprodução do capital foram responsáveis pelo abandono da agricultura familiar de subsistência [...]” na Comunidade Tenda do Moreno. Nessa comunidade, existem práticas socioculturais e religiosas ligadas ao catolicismo que ainda perduram, como, por exemplo, a festa de São José do Moreno, padroeiro local, apesar das mudanças impostas ao longo do tempo, afirma o mesmo autor (Foto 37).

Conforme observado em campo, os produtores inseridos no Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Olhos D’Água têm características de pequenos, médios e grandes produtores rurais e agricultores familiares, que desenvolvem o plantio de várias espécies. Destacam-se principalmente pela produção de hortifruticultura, soja, milho, pastagem (gado leiteiro e corte) e confinamento de gado (Fotos 38, 39, 40 e 41 e Figura 25). Possuem energia elétrica e têm idades semelhantes às dos membros do Conselho Tenda do Moreno. A maioria utiliza as águas do rego d’água derivadas da nascente de cabeceiro do córrego Três Marcos e do córrego Olhos D’Água. Quase todas as propriedades possuem fossa séptica, mas ainda existem fossas negras. Os resíduos sólidos gerados pelos componentes da comunidade são armazenados em caçambas disponibilizadas na venda Olhos D’água e, para aqueles que se disponibilizam a separar os resíduos, existe neste mesmo local uma casinha para esse fim (Figura 26). As embalagens de defensivos agrícolas são devolvidas aos fabricantes. A maioria desses produtores reside em suas propriedades rurais e trabalha diretamente no cultivo da terra.

Foto 37 – Capela inserida em uma das propriedades existentes na bacia do córrego Tenda – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 38 – Plantação de café na bacia do córrego Tenda na área da comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 39 – Plantação de milho na bacia do córrego Tenda, proximidades com a BR365 – Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 40 – Plantações de soja e milho sendo irrigadas na bacia do córrego Pombo – Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 41 – Áreas de pastagem na área da Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Figura 25 – Confinamento de gado na bacia do córrego Pombo – Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Foto do acervo da autora (2023).

Figura 26 – À esquerda: Caçamba para armazenamento temporário de resíduos sólidos. À direita: Casinha para armazenamento de resíduos para reciclagem na venda Olhos D'Água – Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da Comunidade Olhos D'Água – Itamar da Silva (2023). Org.: A autora (2023).

A maioria dos produtores inseridos nessa comunidade preocupa-se com o cuidado das nascentes, dos córregos e dos regos d'água. Eles estão atentos à qualidade e à quantidade visualmente observadas dos recursos hídricos da área, pois esses são essenciais para sua sobrevivência no local, seja para consumo humano ou animal e para atividades agrícolas. Em especial, as águas oriundas dos regos d'água históricos, que têm mais de 100 anos de existência segundo a estimativa dos proprietários mais antigos das BHCbVT, são de particular importância (Figura 27).

Figura 27 – Situação do rego d'água antes e depois da limpeza realizada por produtores da Comunidade Olhos D'Água – BHCbVT.



Fotos: A pesquisa. Acervo de produtor rural da Comunidade Olhos D'Água – Robismar R. Carrijo (2020). Org.: A autora (2022).

Na Comunidade Olhos D'Água, de acordo com Santos (2016, p. 152), “as práticas socioculturais modificadas, as experiências produtivas vindas de outras temporalidades sociais permanecem na contemporaneidade, internalizadas na subjetividade dos camponeses, são utilizadas como estratégias para realizar a sua permanência no lugar”. Nota-se isso na comunidade, bem como costumes que perduram no cotidiano dos seus produtores rurais. Dois outros aspectos notáveis são a religiosidade sempre presente no cotidiano de seus membros e a insegurança devido à proximidade da cidade de Uberlândia e à expansão urbana, que geram preocupações constantes em relação à manutenção de seus modos de vida.

Outros elementos identificados na paisagem das comunidades Tenda do Moreno e Olhos D'Água são silos para armazenar e conservar grãos (soja, milho) e usinas de energia fotovoltaica (energia solar) (Foto 42 e Figura 28).

Foto 42 – Silos para armazenamento de grãos - Comunidade Olhos D'Água – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Figura 28 – Usinas de energia fotovoltaica. A: Vertente direita do córrego Tenda; B: Vertente direita do córrego Três Marcos – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2023).

Na área do Conselho Comunitário de Desenvolvimento Rural Cruz Branca, há plantações de soja e milho, criação de gado leiteiro e de corte, criação de equinos e cultivo de hortifruticultura (Fotos 43 e 44).

Foto 43 – Plantação de pepino na bacia do córrego Desengano – Comunidade Cruz Branca – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 44 – Plantação de abobrinha na bacia do córrego Desengano – Comunidade Cruz Branca – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

A maioria dos produtores é proprietária das terras e reside em suas propriedades, possuindo escolaridade e idade diversificadas. Há energia elétrica fornecida pela CEMIG, fossas sépticas e negras, e os resíduos sólidos são armazenados nas caçambas que ficam disponibilizadas na entrada da Fazenda Pombo para posterior coleta realizada pelo DMAE. As águas utilizadas na produção são oriundas de córregos, cisternas e poços tubulares.

Nesta comunidade, a religiosidade é expressa historicamente pela Capela da Saudade, também conhecida como Cruz Branca, localizada na estrada municipal 371 – Km 30 – Cruz Branca, fora da área das BHCBVT. Segundo Silva (2018), ao longo dos tempos, ocorreram modificações no formato das festas tradicionais existentes na comunidade, como é o caso da Festa Santa Cruz (Festa da Capela da Saudade). Segundo o autor

[...] há uma dinâmica específica voltada para esta festa, com ritos e programações que carregam o peso de uma tradição e, conseqüentemente, representa o próprio lugar. Por outro lado, as demais festas, principalmente aquelas cujo objetivo é a rentabilização do espaço de eventos da Capela da Saudade, não representam qualquer ligação com o lugar sagrado, exceto pelo uso do nome e do espaço físico da área onde ela se encontra (Silva, 2018, p. 159).

Exemplo do que afirma Silva, são as festas lucrativas que ocorrem ao longo do ano nesse lugar, remodelando o ambiente festivo para recepcionar e realizar diversos eventos, como shows, rodeios, entre outros.

Na área das BHCBVT há instituições públicas de ensino básico, sendo uma da rede municipal localizada na comunidade Olhos D'água, e as demais são escolas municipais e estaduais inseridas no bairro Morumbi. Nesse bairro, existem também instituições sociais como o NAICA Morumbi (Núcleo de Apoio Integral à Criança e ao Adolescente; o Instituto Politriz; CRAS Morumbi (Centro de Referência de Assistência Social); o CRP Morumbi (Centros de Referência Profissionalizante). Além disso, tem unidades públicas de saúde, tais como a UAI Morumbi (Unidades de Atendimento Integrado) e as Unidades Básica de Saúde da Família (UBSF), que incluem a UBSF Morumbi I e II, UBSF Morumbi III, UBSF Morumbi IV e UBSF Morumbi V).

Foi verificado que, na área estudada, há a implantação de ações em algumas propriedades visando à preservação de recursos hídricos por meio de alguns programas desenvolvidos pelo DMAE, como o Programa Escola Água Cidadã (PEAC) e o Programa Buriti. Tais programas foram instituídos pela administração pública municipal com a finalidade de recuperar, proteger, preservar e monitorar os córregos do município de Uberlândia, bem como educar a comunidade para o uso responsável da água.

Segundo informações fornecidas pelo supervisor de projetos de Recuperação de Nascentes do Programa Buriti, em 2022, foi informado que:

- Por meio desses programas, são realizadas reuniões com os conselhos comunitários rurais inseridos nas BHCBVT, levando às comunidades as ações da Gerência Ambiental do DMAE relacionadas aos programas mencionados;
- O Programa Buriti já realizou ações em várias propriedades rurais, tais como: instalação de cercas para proteger Áreas de Proteção Ambiental (APPs), trabalho de recomposição vegetal com plantio de mudas nativas do Cerrado e também a doação de biodigestores para algumas propriedades rurais aderidas ao Programa Buriti, visando o tratamento de efluentes domésticos das residências dessas propriedades. Essas ações são implantadas após o cadastramento da propriedade e a assinatura do termo de cooperação mútua, conforme as necessidades verificadas na propriedade;
- Os custos para recuperação das APP's são de responsabilidade do DMAE através do Programa Buriti, ficando sob a responsabilidade dos produtores rurais a manutenção das cercas construídas e a não utilização das áreas de preservação ambiental.

As Figuras 29 e 30 mostram a implantação das ações realizadas em algumas propriedades rurais inseridas nas BHCBVT, como cercamento e recomposição vegetal, realizados pelo Programa Buriti nas APP's de propriedades rurais aderidas ao programa.

Figura 29 – Área de APP em fase de restauração em propriedade rural inserida na bacia do córrego Tenda – BHVBVT.



Fonte: Fotos do acervo Programa Buriti – DMAE. Org.: A autora (2023).

Figura 30 – Instalação de cerca em APPs e Plantio de Mudas - A: Bacia do C. Pombo; B: Bacia do C. Boa Vista; C e D: Bacia C. Tenda; E: Bacia C. Boa Vista; F: Bacia C. Pombo – BHCbVT.



Fonte: Fotos do acervo Programa Buriti – DMAE. Org.: A autora (2023).

4.2 Análise das condições ambientais de recursos hídricos das BHCbVT

As condições ambientais dos recursos hídricos são demonstradas, em sua essência, por meio da avaliação de variáveis ambientais que permitem verificar suas características em função dos usos destes recursos. Considera-se a interpretação e análise dos recursos hídricos

uma parte de suma importância nesta tese, que tem como finalidade à segurança hídrica. A verificação da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais das BHC BVT foi realizada a partir das amostras de água e dos sedimentos coletados nos pontos apresentados no Quadro 11 e no Mapa 11.

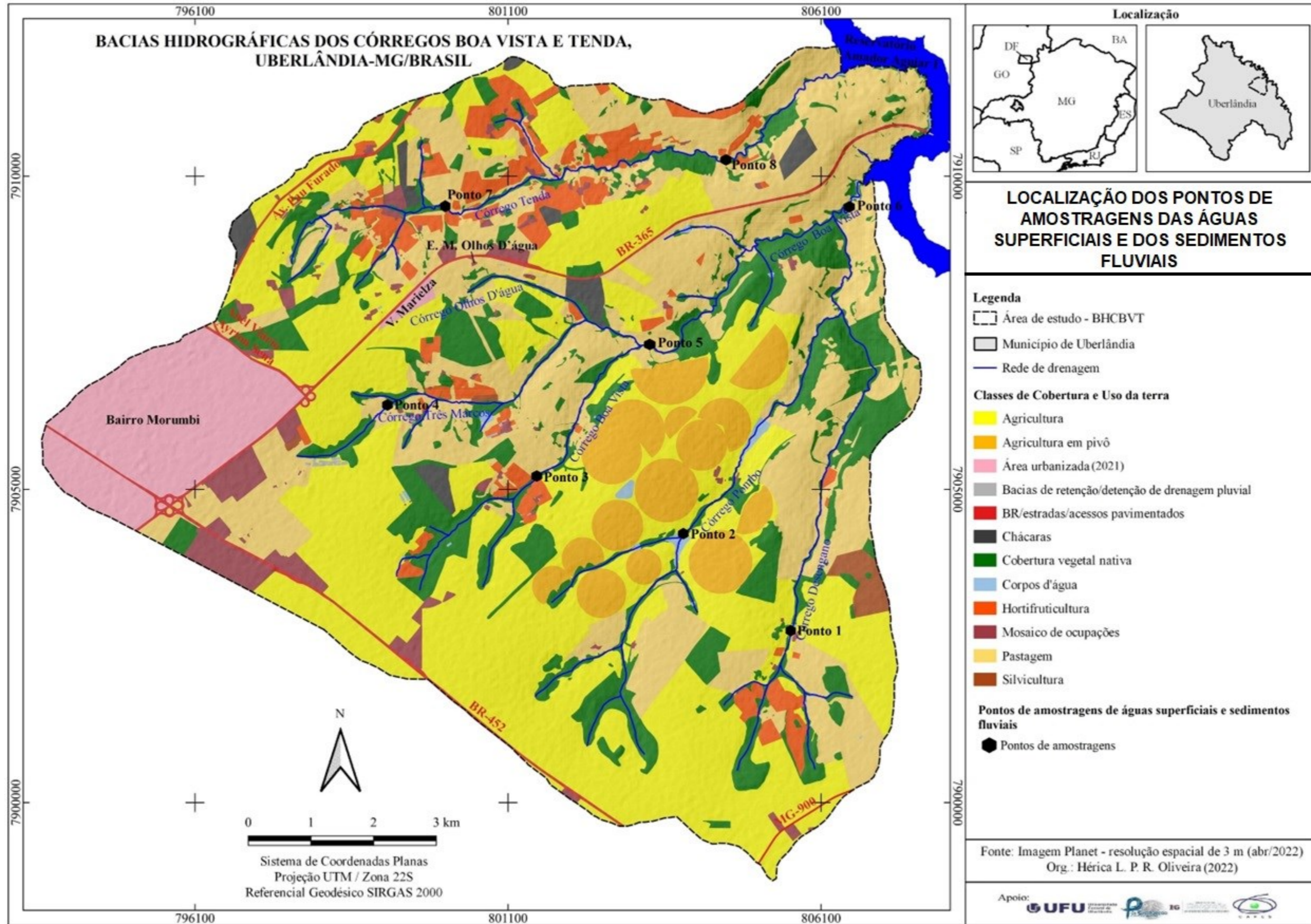
Quadro 11 – Pontos de amostragem e quantidade de amostras nos meses de agosto/2022 e março/2023.

| Abreviatura dos pontos amostrados | Coordenadas (UTM ¹⁰) | | Profundidade (cm) | Tipo de amostras | Quantidade de amostras |
|-----------------------------------|----------------------------------|---------|-------------------|------------------|------------------------|
| | E | S | | | |
| P1 | 805631 | 7902647 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 – 10 | Sedimentos | 2 |
| P2 | 803935 | 7904319 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 – 10 | Sedimentos | 2 |
| P3 | 801588 | 7905218 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 – 10 | Sedimentos | 2 |
| P4 | 799234 | 7906371 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 – 10 | Sedimentos | 2 |
| P5 | 803295 | 7907300 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 - 10 | Sedimentos | 2 |
| P6 | 806580 | 7909500 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 - 10 | Sedimentos | 2 |
| P7 | 800090 | 7909441 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 - 10 | Sedimentos | 2 |
| P8 | 804566 | 7910253 | Superficial | Água | 2 |
| | | | 0 - 10 | Sedimentos | 2 |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

¹⁰ Coordenada UTM no fuso 22 sul e referência Geodésica SIRGAS 2000.

Mapa 11 – Localização dos pontos de amostragem das águas superficiais e dos sedimentos fluviais – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2022).

4.2.1 Avaliação da Qualidade da Água Superficiais das BHCBVT: variáveis físico-químicas e microbiológicas

Buscou-se analisar os pontos de amostragem, visando verificar as influências dos componentes naturais e antrópicos das BHCBVT sobre a qualidade dos recursos hídricos estudados. Os resultados obtidos foram interpretados considerando os limites estabelecidos pela legislação vigente já mencionada.

Os padrões legais utilizados permitiram interpretar os resultados obtidos em função dos padrões legais vigentes que tratam da qualidade da água. Além disso, possibilitou verificar se existe correlação entre eles e os usos múltiplos da água da área de estudo.

Os limites legais das duas leis mencionadas estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Limites mínimos e máximos de acordo com a legislação.

| Identificação dos Parâmetros / Ensaio realizado | Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021 - Potabilidade de água para consumo | | Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 08, de 21 de novembro de 2022 Classe II - Classificação de águas do estado de Minas Gerais ¹¹ | |
|---|--|------------------------|---|---|
| | Limites Mínimos Legais | Limites Máximos Legais | Limites Mínimos Legais | Limites Máximos Legais |
| 1 Coliformes Totais (NMP/100 mL) ¹² | x ¹³ | Ausência em 100mL | x | x |
| 2 Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL) | x | x | x | Até 1000 NMP, para 6 amostras em 01 ano |
| 3 Escherichia coli (NMP/100 mL) | x | Ausência em 100mL | x | x |
| 4 pH | 6,00 | 9,00 | 6,00 | 9,00 |
| 5 Temperatura (°C) ¹⁴ | x | x | x | x |
| 6 Cor aparente (mg Pt/L) ¹⁵ | x | 15,00 | x | 75,00 |
| 7 Nitrogênio Total (mg/kg) | x | x | x | x |
| 8 Sólidos Totais (mg/kg) | x | x | x | x |
| 9 Turbidez (NTU) | x | 5,00 | x | 100,00 |

Continua

¹¹ Via de regra, com intuito comparativo, considera-se a classe II para corpos hídricos que não são oficialmente classificados.

¹² NMP = Número Mais Provável.

¹³ X = Não se tem padrão legal para esta variável.

¹⁴ °C = Grau Celsius.

¹⁵ mg Pt/L = miligramas de Platina por litro.

| <i>Continuação</i> | | | | | |
|--------------------|--|---|---|------|------|
| 10 | Fósforo Total (mg/kg) | x | x | x | 0,05 |
| 11 | Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) ¹⁶ | x | x | x | 5,00 |
| 12 | Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) | x | x | 5,00 | x |

Fonte: Ministério da Saúde. Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021; Fundação Estadual do Meio Ambiente / Conselho Estadual de Política Ambiental FEAM / COPAM (2022). Org.: A autora (2023).

A lei (GM/MS n.º 888/2021) altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, 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, enquanto a DN (n.º 8/2022) altera a DN COPAM CERH MG n.º 01, de 5 de maio de 2008, e dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

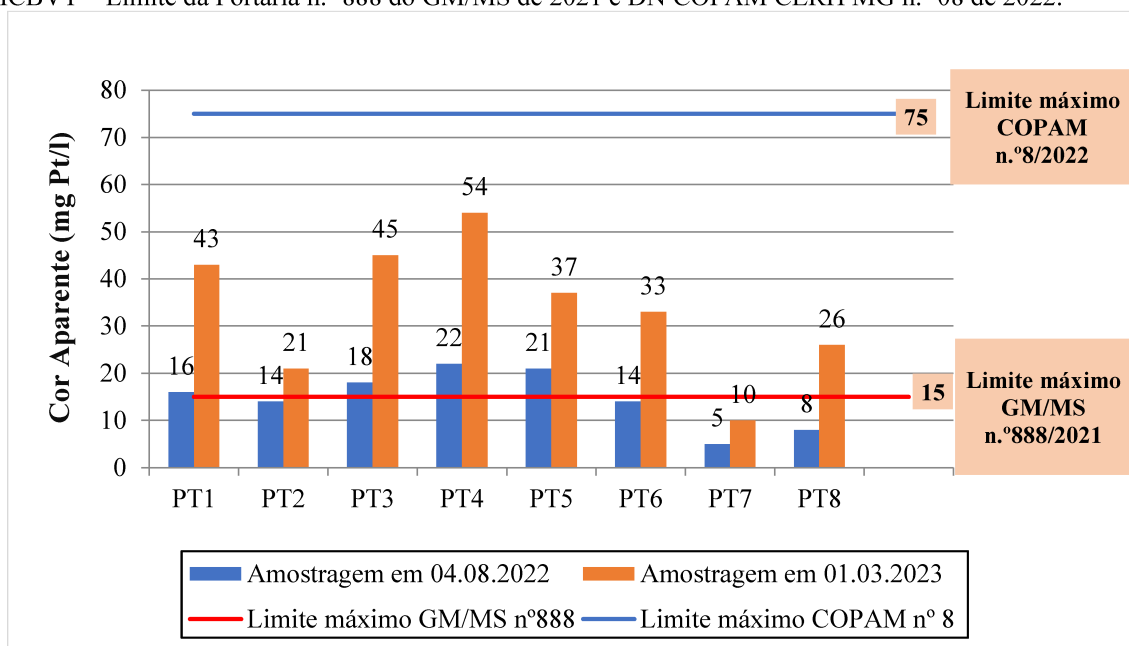
Vale ressaltar que os padrões estabelecidos pela portaria do Ministério da Saúde (888) são mais restritivos do que os da Deliberação Normativa do COPAM (01), uma vez que trata das condições da água potável tratada destinada ao consumo humano. A portaria estabelecida pelo COPAM visa à classificação das águas brutas, em função de sua destinação ao uso múltiplo pretendida.

Realizou-se uma comparação dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos em função das legislações mencionadas.

Em relação à cor da água, os pontos n.º 1, 3, 4 e 5, no período de estiagem, foram os que ficaram fora dos padrões estabelecidos pela Portaria n.º 888/2021 (potabilidade de água para o consumo humano). No período chuvoso, apenas o ponto n.º 7 apresentou-se dentro dos padrões dessa mesma portaria (Gráfico 2).

¹⁶ mgO₂/L = miligramas de Oxigênio por litro

Gráfico 2 – Representação dos resultados de Cor Aparente (mg Pt/l) nas campanhas de amostragens feitas nas BHC BVT – Limite da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

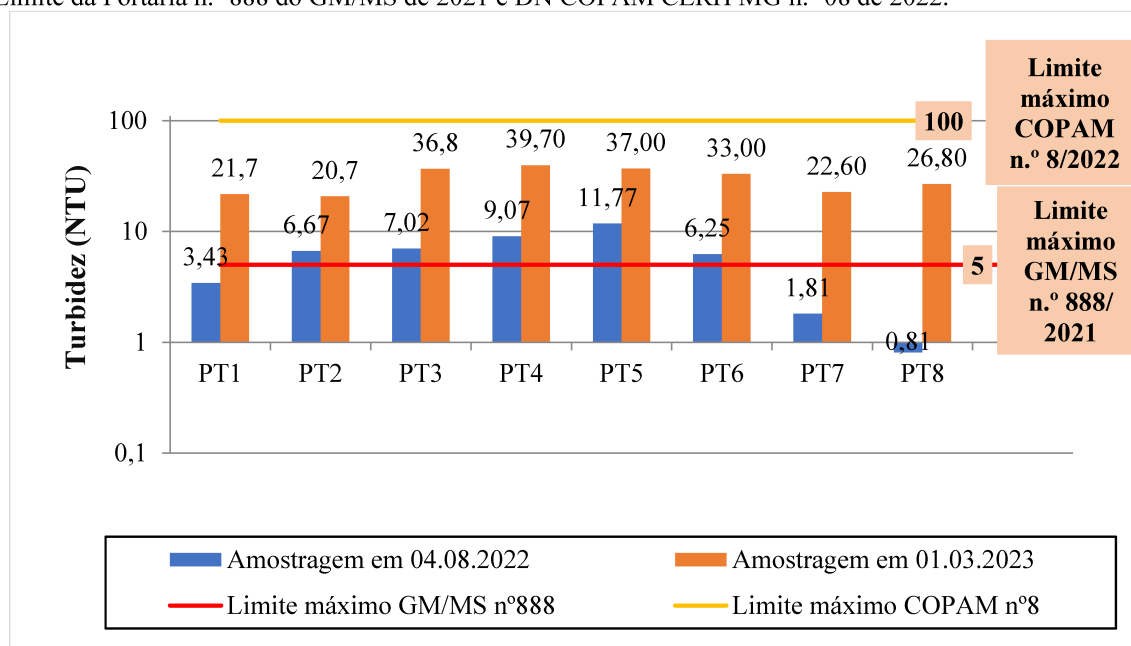
O ponto n.º 4 foi o que apresentou a cor com maior valor nos dois períodos de amostragem, contendo uma coloração mais acentuada em relação à água potável (de límpida para escura). Esse fato pode ter ocorrido devido à presença de substâncias dissolvidas na água, uma vez que foi observado que, no seu entorno, há cobertura vegetal nativa e acesso para o gado se abastecer de água. Esse ponto recebe as águas oriundas das bacias de retenção/detecção que estão inseridas a montante, aproximadamente 1.300 metros de distância, as quais podem estar se misturando com esgoto lançado clandestinamente ao sistema de drenagem pluvial. Tais motivos podem ter modificado a cor da água nas duas estações do ano (ver Gráfico 2).

A presença de animais nas APPs não deve ocorrer, pois quando isso acontece, a qualidade da água é afetada diretamente e, conseqüentemente, as atividades produtivas realizadas a jusante desse ponto poderão ser impactadas, como, por exemplos, as hortifruticulturas e agriculturas que ali são irrigadas.

Em relação aos valores estabelecidos pela DN COPAM CERH MG n.º 08/2022, todos os pontos amostrados apresentaram valores abaixo do limite máximo definido por essa Deliberação Normativa, conforme demonstrado no Gráfico 2.

Todos os pontos amostrados no período chuvoso obtiveram valores de Turbidez bem acima do limite máximo estabelecido por lei (5,00 NTU). Já no período de estiagem, foram os pontos de n.º 2, 3, 4, 5 e 6 que apresentaram valores superiores ao limite da Portaria n.º 888 de 2021 (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Representação dos resultados de Turbidez (NTU) nas campanhas de amostragens feitas nas BHC BVT – Limite da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

No período chuvoso, o ponto n.º 4 ocupou o primeiro lugar com o maior valor de turbidez encontrado, bastante superior ao limite estabelecido pela legislação, apresentando uma turbidez de 39,70 NTU. Em seguida, está o ponto n.º 5 com 37,00 NTU e, em terceiro lugar, o ponto n.º 3 com 36,80 NTU, ficando muito próximo ao valor do ponto n.º 5. No campo, foi verificado que, em menos de dez metros de distância, o gado tem acesso livre às águas que contribuem para o ponto n.º 4 e para o ponto n.º 5. Esses mesmos pontos, nas amostragens do período de estiagem, também apresentaram valores acima do limite, porém bem mais baixos que na época chuvosa. Constata-se, com isso, que o pisoteio do gado nas margens dos cursos d'água, juntamente com as maiores precipitações, solos residuais e declividades mais acentuadas, contribui ainda mais para o aumento da turbidez, pois permitem a suspensão de partículas, influenciando nos níveis desse parâmetro.

Ainda de acordo com o Gráfico 3, no ponto n.º 3, é importante destacar que há raízes e cipós de árvores que compõem a mata ciliar do córrego Boa Vista em fase de decomposição e em contato com a água. Num raio menor que quarenta metros deste ponto, o uso do solo consiste em cultivo de grãos, pastagem e hortifruticultura. São características que podem influir a turbidez da água, especialmente se ocorrerem chuvas torrenciais durante o período de preparo da terra e semeadura das culturas, gerando o carreamento de sólidos.

O ponto n.º 6 apresentou um valor de turbidez de 6,25 NTU no período de estiagem e chegou a 33,00 NTU no período chuvoso, demonstrando que os valores, em ambos os períodos,

ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação (Portaria n.º 888/2021). Este ponto recebe a contribuição dos pontos de n.º 1, 2, 3, 4 e 5 inseridos na bacia hidrográfica do córrego Boa Vista, porém, apesar de estar acima dos valores de referência da legislação, esses são menores que os observados para os pontos n.º 3, 4 e 5. Isso pode ser justificado pela presença, a jusante do ponto n.º 5, de uma mata ciliar bem preservada entre esses dois pontos. Além disso, faz divisa com essa porção de cobertura vegetal arbórea e arbustiva, à margem direita do córrego Boa Vista, um confinamento de bovinos que foi ocupado pelos animais a partir de outubro de 2022. Conforme sua configuração, pode ocorrer o carreamento de partículas sólidas até o córrego em futuros momentos chuvosos, especialmente por estar situado em uma área de desnível.

No ponto n.º 8 foi evidenciada uma diferença muito grande de valores de turbidez encontrados entre os dois períodos amostrados. No período de estiagem, o valor obtido foi de 0,8 NTU, mas na estação chuvosa a turbidez foi de 26,8 NTU. Nota-se que isso pode ter ocorrido devido ao carreamento de partículas sólidas de uma estrada de terra que termina ao lado do ponto amostrado. Este ponto está localizado em um relevo intensamente dissecado, favorecendo o escoamento dessas partículas até as águas do córrego Tenda.

Nos pontos n.º 1 (córrego Desengano) e n.º 7 (córrego Tenda), no período de estiagem, a turbidez ficou abaixo do limite instituído (5 NTU). No período chuvoso, os valores foram de 21,7 NTU e 22,6 NTU, respectivamente. Na proximidade dos dois pontos, a menos de dez metros de distância, há animais ruminantes que adentram as margens dos mencionados córregos para beber água. Como já mencionado, isso pode influenciar a turbidez das águas. No entorno desses pontos, o uso do solo é de pastagem, agricultura e hortifruticulturas (conforme mostrado na Gráfico 3).

Nenhum resultado ultrapassou os limites de Turbidez (NTU) da água bruta, estabelecidos para as classes especiais, Classe 1 (40 NTU), 2, 3 e 4 (100 NTU), conforme a Deliberação Normativa do COPAM 8/2022, de acordo com os usos preponderantes atuais ou pretendidos (Ver Gráfico 3).

Outros aspectos podem estar influenciando diretamente a cor e a turbidez das águas superficiais das BHCBVT, tais como os sedimentos provenientes do entorno dos pontos amostrados, especialmente os de maior valor, em decorrência do uso intensivo do solo e de práticas inadequadas de conservação.

Exemplo disso são os valores de turbidez encontrados no ponto n.º 4. A montante deste ponto, aproximadamente 1.300 metros de distância, há processos erosivos (laminar, sulco e

ravinas, voçorocas) as margens do córrego. Nesses processos da erosão hídrica, os sedimentos são desprendidos da superfície e transportados até o curso d'água.

Segundo Mallmann (2018), os sedimentos oriundos da erosão dos solos são a principal fonte de turbidez da água. A FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura alerta que a erosão do solo é a maior ameaça para os sistemas agrícolas. Estima-se que, até 2050, a erosão do solo pode levar a uma perda de 10% na produção agrícola e remover 75 bilhões de toneladas de solo (FAO no Brasil - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2022).

Compreende-se, assim, que o inadequado manejo do solo no cultivo de alimentos é o agente da degradação dos solos, o que, por sua vez, contribui e contribuirá para a falta de produção agrícola.

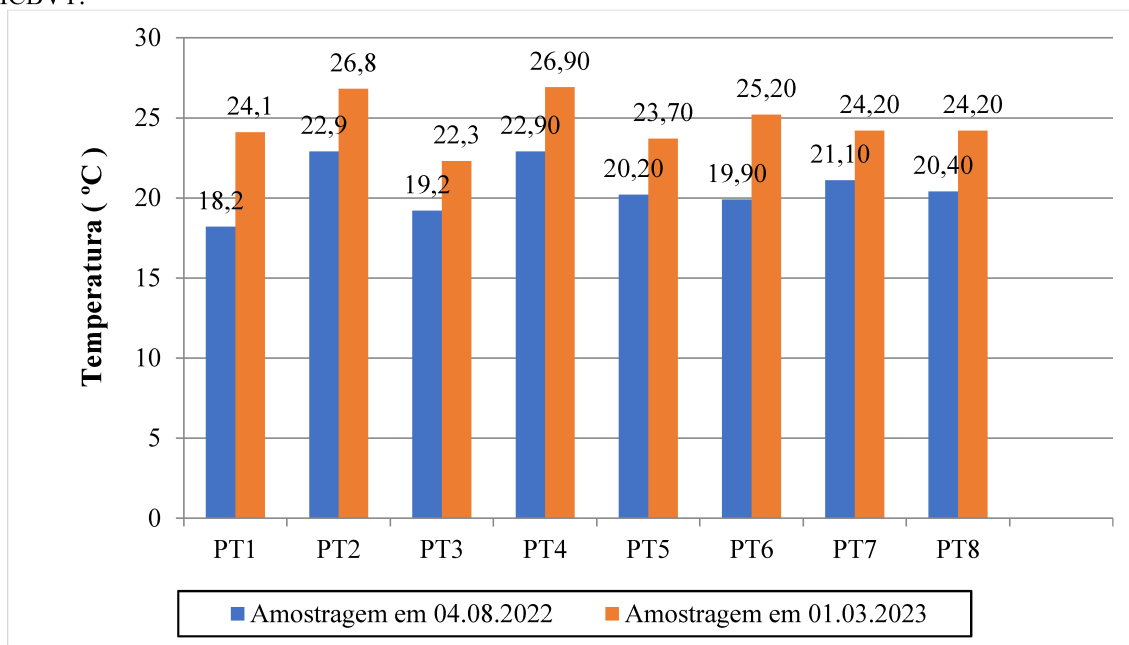
Sabe-se também que uma das funções do solo é filtrar contaminantes. No entanto, uma vez que o solo é levado como sedimento erodido para as águas, essa função deixa de existir. As reações químicas de oxidação-redução, ao ocorrerem na presença da água, disponibilizam vários elementos que são tóxicos, além de transportá-los para locais distantes e contaminar toda a cadeia trófica.

Nos pontos amostrados, as temperaturas variaram de 18,2°C a 22,9°C no período de estiagem e 22,3°C a 26,9°C no período chuvoso (março), o que pode refletir a influência da temperatura atmosférica sobre a temperatura da água. No dia das coletas em agosto, a temperatura atmosférica média foi de 24,54°C, a máxima 30,2°C e a mínima registrou 18,5°C. Já nas coletas realizadas em março, os valores registrados foram de 24,6°C de média, 30,4°C de máxima e 22,9°C de mínima, conforme os dados fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (Gráfico 4). Os valores de temperatura da água estão em conformidade com a temperatura ambiente.

Os resultados de nitrogênio total foram inferiores a 4 mg/kg (Gráfico 5). Há uma discrepância nos valores de nitrogênio total encontrados nos pontos n.º 4, 5 e 6 em relação aos demais pontos no período das chuvas. Os valores registrados foram 3,92 mg/kg, 3,36 mg/kg e 3,64 mg/kg, respectivamente, o que pode indicar o aporte de efluentes líquidos oriundos de redes clandestinas de esgoto ligadas à rede pluvial (ver Gráfico 5). Se essa hipótese se confirmar, esses líquidos podem estar sendo direcionados ao sistema de drenagem pluvial urbano, seguindo então para as bacias de contenção e infiltração da drenagem pluvial localizadas à montante desses pontos. No período chuvoso, ocorrem chuvas torrenciais, o que

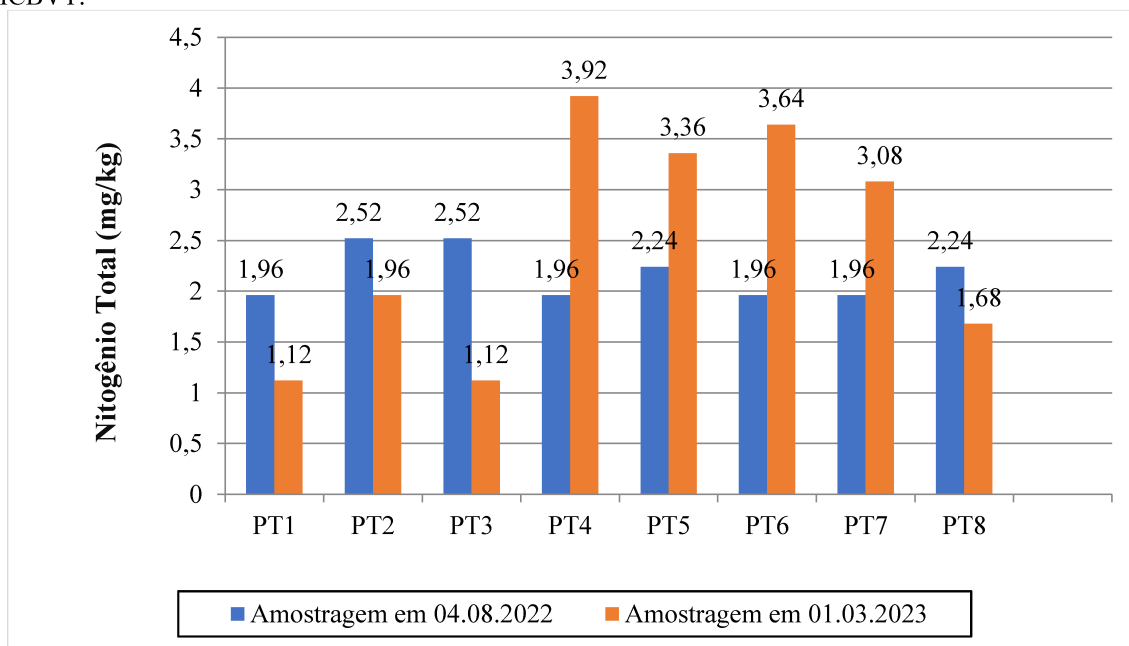
intensifica a quantidade de líquidos nas bacias, fazendo com que as águas fluam mais rapidamente para os corpos d'água a jusante.

Gráfico 4 – Representação dos resultados de Temperatura (°C), nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 5 – Representação dos resultados de Nitrogênio Total (mg/kg), nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT.

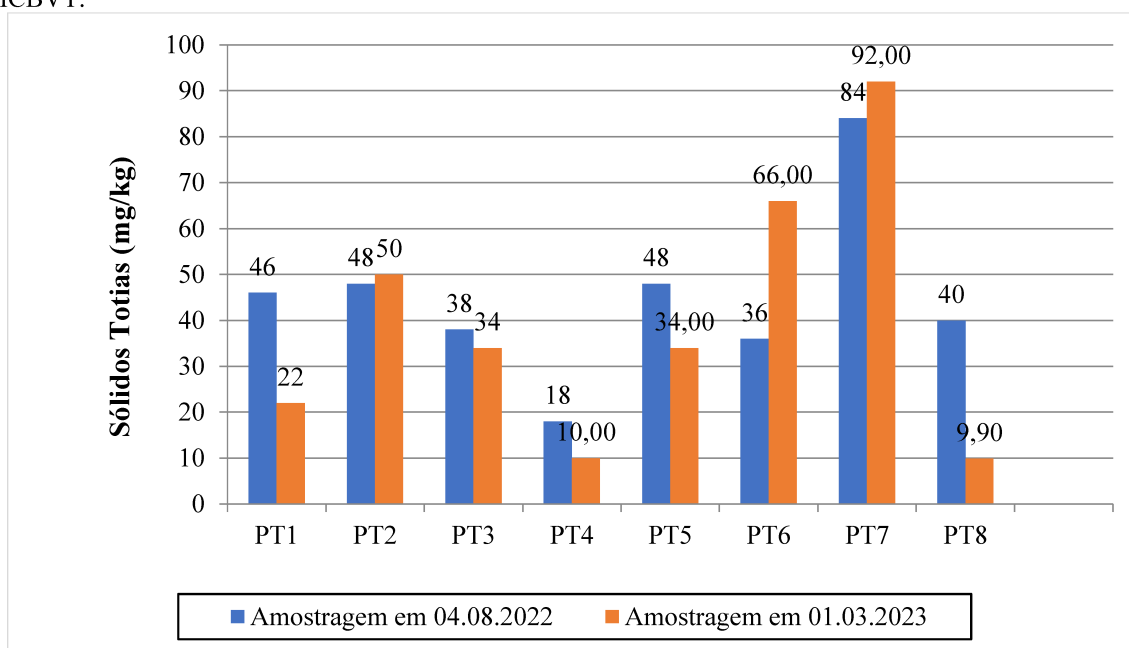


Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

As legislações do Ministério da Saúde (n.º 888 do GM/MS de 2021) e da Fundação Estadual de Meio Ambiente não estabelecem padrões máximos permitidos para a variável ambiental “Nitrogênio Total”. No entanto, sua avaliação é importante, pois possibilita a verificação dos teores de nitrogênio ao longo dos pontos de amostragem.

Os resultados das amostras coletadas nos pontos avaliados demonstraram a presença de sólidos totais em todos os pontos amostrados, alguns com concentrações mais elevadas (ver Gráfico 6). O ponto n.º 7 apresentou a maior concentração de sólidos, tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso, com 84 mg/kg e 92 mg/kg, respectivamente. Este resultado pode ter sido influenciado pela presença das atividades de hortifruticultura e pastagens no entorno. Sabe-se que nessas atividades há exposição do solo para o plantio, além dos processos erosivos ocasionados pelas pastagens.

Gráfico 6 – Representação dos resultados de Sólidos Totais (mg/kg) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT.



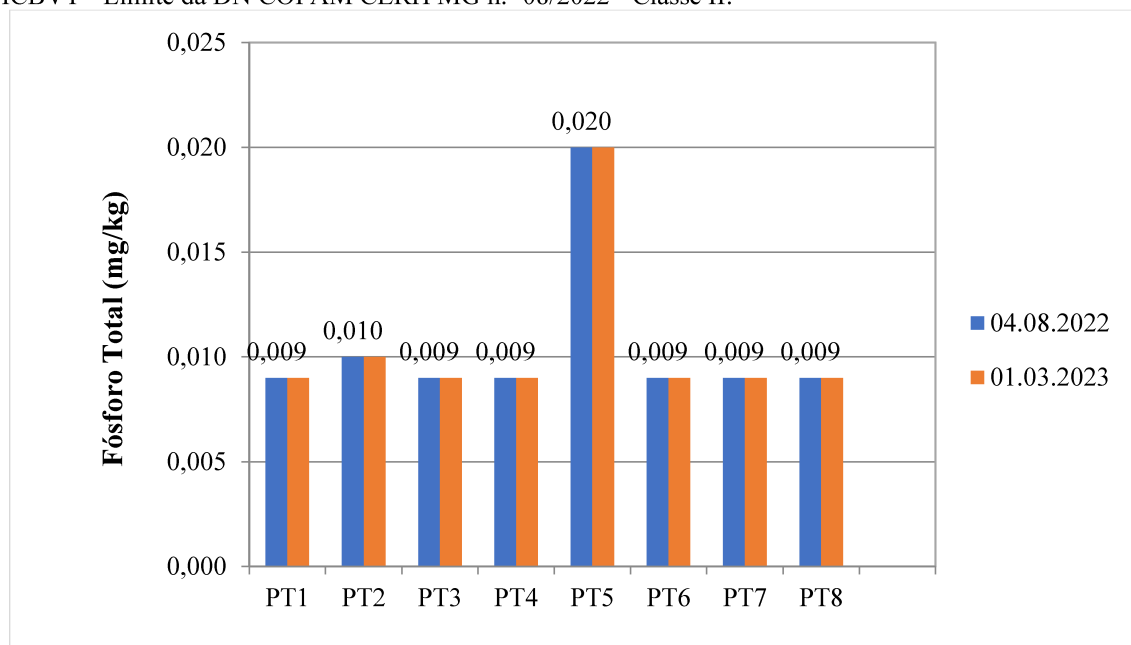
Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Todos os pontos amostrados obtiveram concentrações de fósforo (P), com seus valores variaram de 0,009 mg/kg a 0,010 mg/kg no período de estiagem e de 0,009 mg/kg a 0,020 mg/kg no período chuvoso, possibilitando verificar que as concentrações de fósforo na água são baixas.

A portaria n.º 888 de 2022, do Ministério da Saúde, não estabelece padrão legal para a variável “Fósforo Total”. Já a Deliberação Normativa do COPAM n.º 8 de 2022, determina o limite máximo de 0,05 mg/kg para ambientes intermediários. O Gráfico 7 mostra que os valores

das concentrações de fósforo em todos os pontos não ultrapassaram o limite máximo estabelecido pela DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022.

Gráfico 7 – Representação dos resultados de Fósforo Total (mg/kg) nas campanhas de amostragens feitas nas BHC BVT - Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

O ponto n.º 5 demonstrou a maior concentração de fósforo entre os demais pontos, com a mesma concentração nos dois períodos amostrados. Os resultados indicam que não há diferença entre os períodos chuvoso e seco.

O uso do solo no entorno do ponto n.º 5, a menos 400 metros, é representado por cobertura vegetal nativa, agricultura (soja) e pastagem. Este ponto recebe contribuição das águas e sedimentos dos pontos n.º 3 e 4, os quais, no entorno tem cobertura vegetal nativa, hortifruticultura, agricultura e pastagem (ponto n.º 3), e bacias de contenção e infiltração de drenagem pluvial do bairro Morumbi, agricultura, pastagem e cobertura vegetal nativa (ponto 4). Essa maior concentração pode ser decorrente do recebimento das águas drenadas das áreas agrícolas e das águas pluviais oriundas do bairro Morumbi.

Por meio dos valores obtidos em Fósforo (P), pode-se compreender que o aumento dos valores evidenciados pela turbidez, cor e pelos coliformes não foi acompanhado por este elemento, o que é positivo nas análises químicas das águas superficiais, pois um alto teor de fósforo propicia o processo de eutrofização (Flauzino, 2008). Nesse sentido, o ideal é não ter concentrações altas de Fósforo.

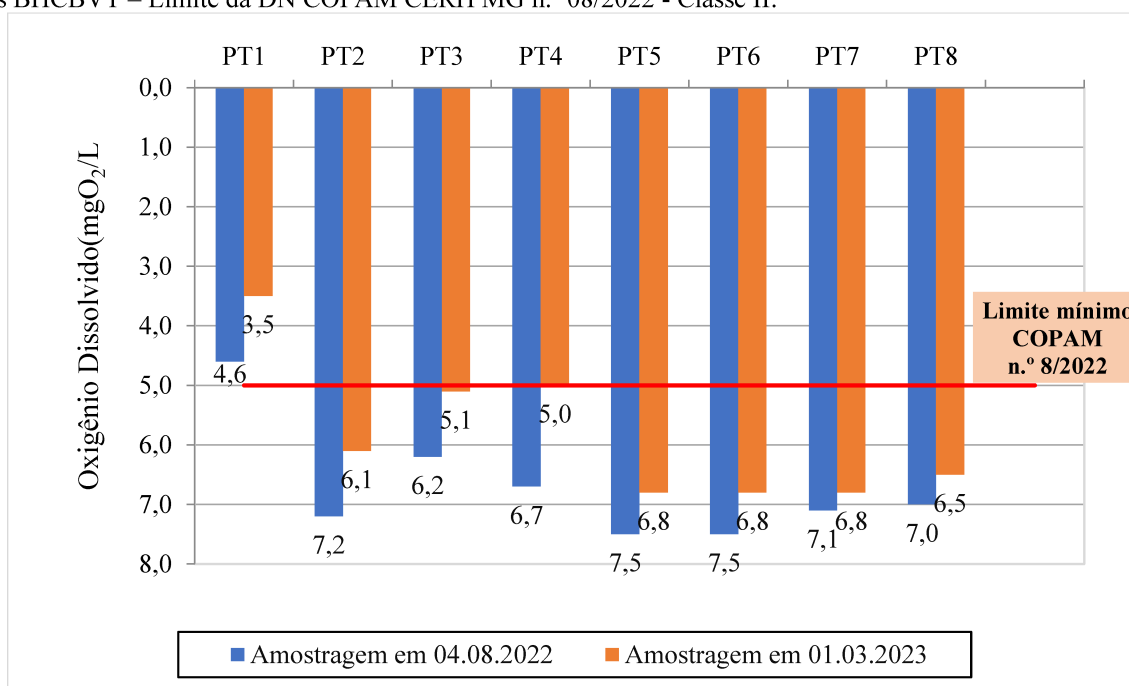
A quantificação do Oxigênio Dissolvido (OD) em águas indica expressivamente a qualidade do recurso hídrico, sendo a utilização desse parâmetro mais frequente para o controle operacional de estações de tratamento de esgoto e na caracterização de corpos hídricos (Von Sperling, 2007, Flauzino, 2008; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017; Bonifácio, 2019).

A portaria n.º 888 do Ministério da Saúde (2022) não estabelece padrão legal para a variável “Oxigênio Dissolvido”. Já a DN do COPAM n.º 8 (2022) estabelece o limite mínimo de 5,0 mgO₂/L.

Observa-se que os valores da concentração do oxigênio dissolvido (OD) são inversamente proporcionais à temperatura e à matéria orgânica. Ou seja, quanto maior a temperatura, menor o oxigênio, e quanto maior a carga de matéria orgânica, menor o teor de oxigênio.

O Gráfico 8 mostra que a concentração de Oxigênio Dissolvido não atende ao limite mínimo legal de 5,0 mgO₂/L, no ponto de amostragem n.º 1.

Gráfico 8 – Representação dos resultados de Oxigênio Dissolvido (mgO₂/L) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbvt – Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II.

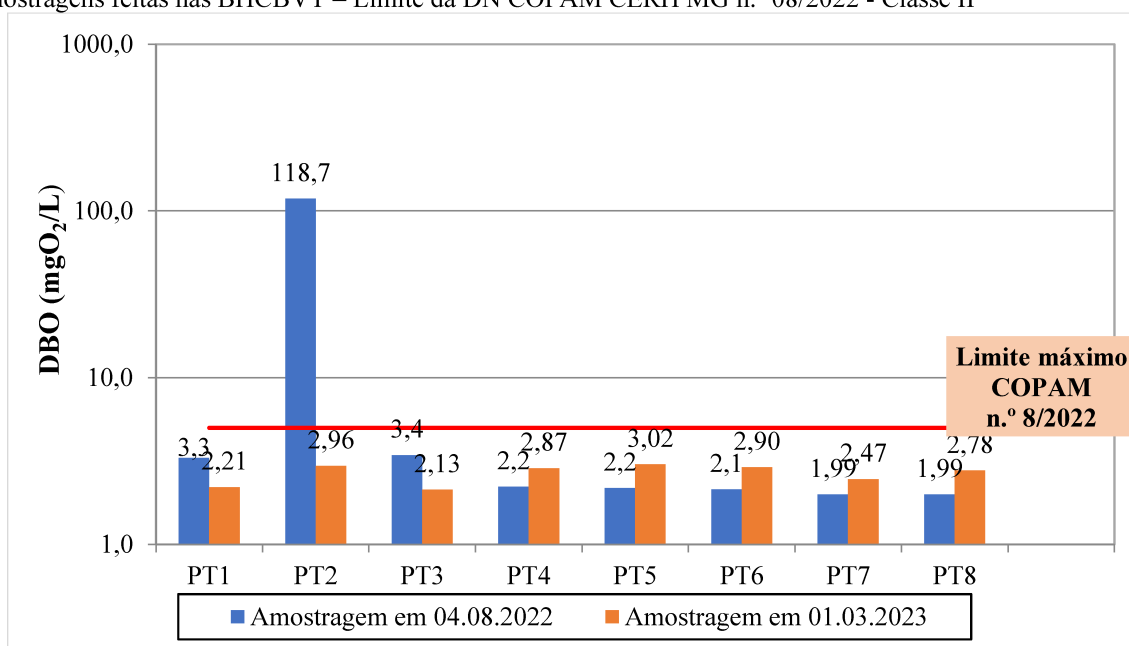


Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Na análise do parâmetro Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a Deliberação Normativa COPAM CERH MG n.º 08 de 2022 estipula a concentração máxima de 5,0 mgO₂/L para cursos d’água da Classe II.

A DBO apresentou valores acima do limite legal de aceitação em apenas um dos pontos amostrados nas BHCbVT, o ponto n.º 2, que é contornado por áreas de agricultura e irrigação por pivô. Neste ponto, a concentração de DBO registrou 118,7 mgO₂/L no período de estiagem e menos de 3,3 mgO₂/L na estação chuvosa (Gráfico 9). O resultado encontrado indica que o limite máximo foi ultrapassado em aproximadamente 96% do valor permitido. Este fato pode ter ocorrido devido à presença de atividade agrícola intensiva nas imediações do ponto de amostragem.

Gráfico 9 – Representação dos resultados de Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT – Limite da DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II



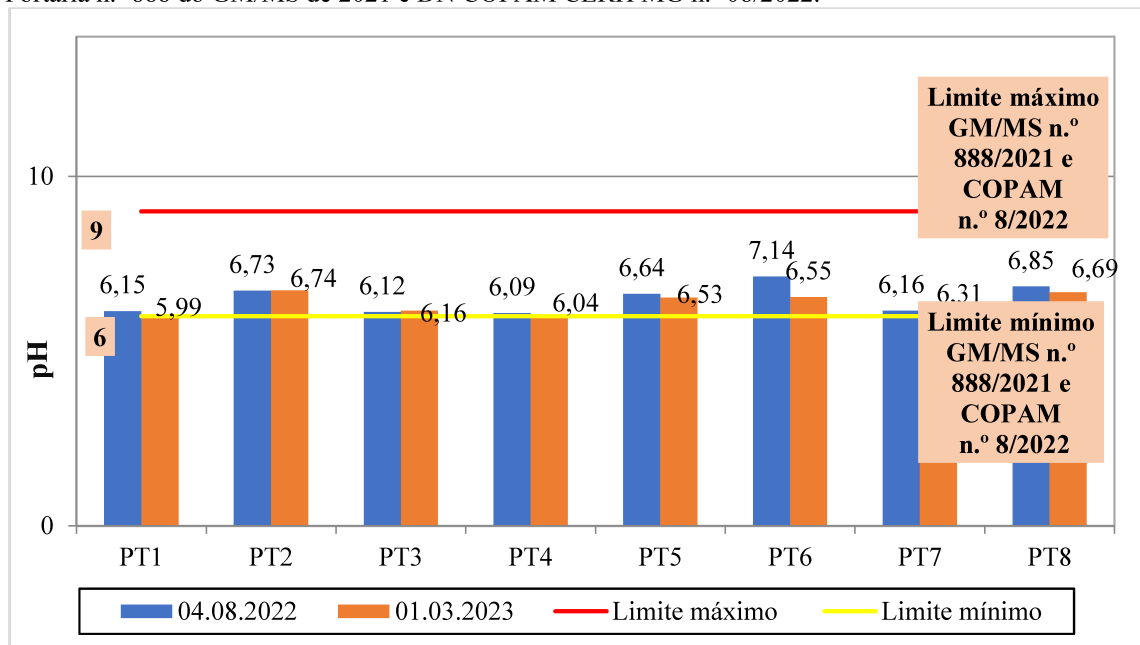
Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

As legislações, Portaria n.º 888 de 2021 e DN COPAM n. 8 de 2022, estabelecem os mesmos limites legais de aceitação: de 6 a 9 medidas de potencial Hidrogeniônico (pH).

Os resultados do pH, no período seco, variaram de 6,09 a 7,14 entre os pontos n.º 1 ao 8, indicando que as águas possuem características que oscilam dentro da faixa legal de aceitação (Gráfico 10). As alterações no pH da água podem ocorrer devido à dissolução de sais, produtos químicos ou lançamento de efluentes líquidos no corpo receptor. Vale ressaltar que a alteração do pH da água influencia diretamente nas demais variáveis ambientais e pode modificar as reações químicas e biológicas do habitat natural.

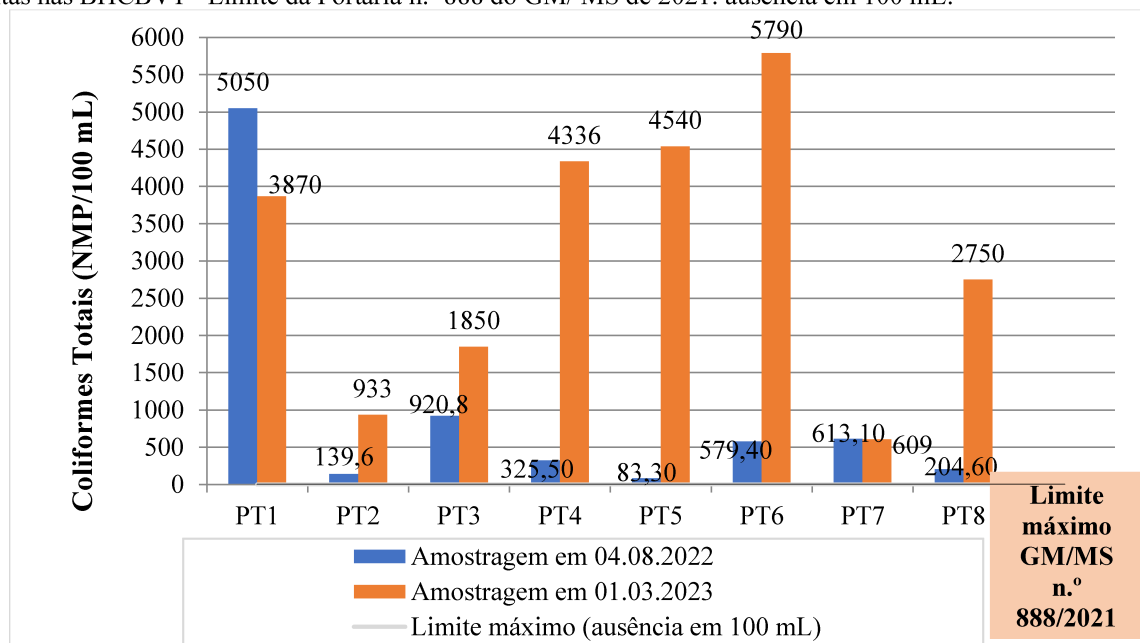
De acordo com os resultados apresentados no Gráfico 11, o parâmetro Coliformes Totais se apresentou-se em desacordo com limite máximo preconizado pela Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021 em todos os pontos e nas duas estações de amostragem.

Gráfico 10 – Representação dos resultados do pH nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT– Limites da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 e DN COPAM CERH MG n.º 08/2022.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 11 – Representação dos resultados de Coliformes Totais (NMP/100 mL) nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT– Limite da Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021: ausência em 100 mL.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Os resultados encontrados indicam que há contaminação da água por bactérias do grupo Coliformes nas duas campanhas de amostragem. Estes coliformes podem ser originados de

materiais orgânicos que entraram em contato com o corpo hídrico, como solo, folhas, fezes de animais, adubos orgânicos, entre outros.

Ressalta-se que a água, antes de ser consumida pelos seres humanos, deve passar por processo de tratamento para a retirada dos Coliformes Totais presentes nela, pois, segundo Flauzino (2008), eles servem como indicadores da qualidade da água, sendo originários de solos poluídos e não poluídos, além de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

A Deliberação Normativa COPAM n.º 08 de 2022 não estabelece um padrão legal para a variável “Coliformes Totais”.

Sabe-se que os coliformes termotolerantes constituem um subgrupo dos coliformes totais. Assim, dentre os resultados de coliformes totais detectados nas análises laboratoriais, foram confirmados os Coliformes Termotolerantes (NMP / 100 mL) em todos os pontos de amostragem ao longo das campanhas realizadas.

A Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021 não estabelece padrão legal para a variável “Coliformes Termotolerantes”, para a água potável.

O limite máximo permitido pela DN COPAM n.º 08 de 2022 é de 1000 NMP por 100 mL em 80% das amostras ou mais, de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas em um período de 1 (um) ano.

O Gráfico 12 mostra que os valores encontrados para os Coliformes Termotolerantes estão de acordo com o preconizado pela DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022 - Classe II. Observa-se que todos os pontos obtiveram valores inferiores a 50% do limite estipulado na referida norma, com exceção do ponto n.º 1, que obteve 540 NMP no período de estiagem.

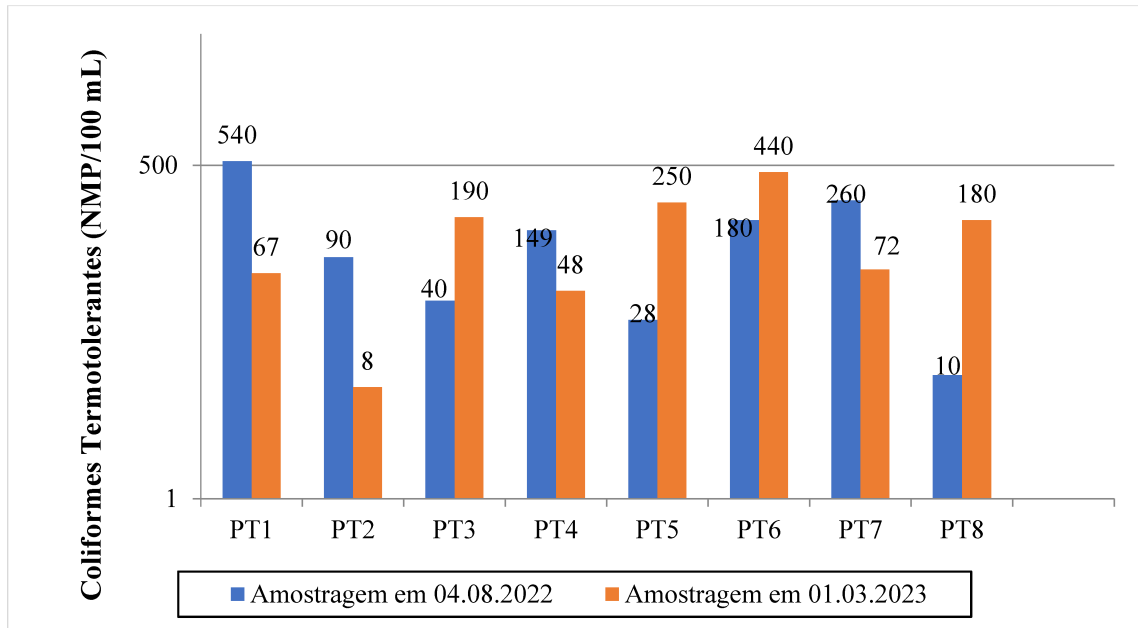
A presença desse tipo de bactéria na água segue o descrito para a variável “Coliformes Totais”.

Considerando ainda os resultados obtidos no ensaio para detecção dos coliformes totais, verificou-se a presença de *Escherichia coli* entre os detectados. De acordo com Flauzino (2008) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2017), a presença de *Escherichia coli* indica contaminação da água por fezes de animais de sangue quente, provenientes da área onde foi realizado o monitoramento da qualidade da água (entorno, no local e a montante).

Observou-se a presença da *E. coli* (Gráfico 13), em todos os pontos de amostragem, considerando as duas estações (inverno/seca e verão/chuvosa). Os resultados estão acima do limite máximo determinado pela Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021: ausência em 100 mL.

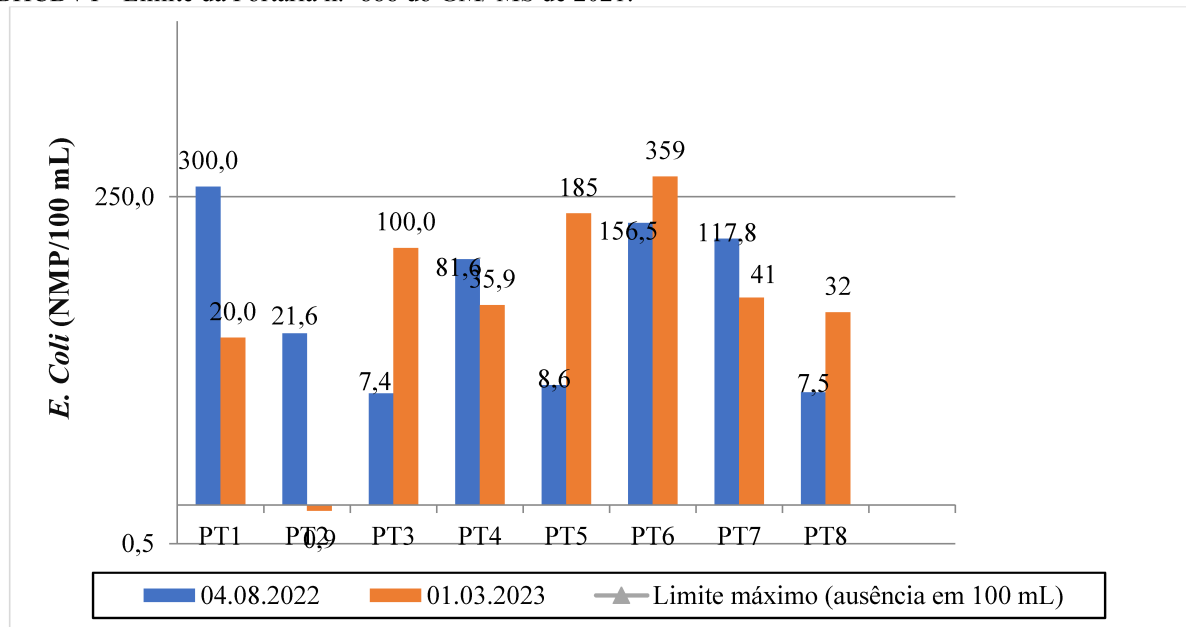
A DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 não preconiza padrão de aceitação para a variável *E. coli*.

Gráfico 12 – Representação dos resultados de Coliformes Termotolerantes nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT– DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 13 – Representação dos resultados de *Escherichia coli* nas campanhas de amostragens feitas nas BHCVT– Limite da Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Observando os resultados descritos, nota-se que:

- Nos pontos de amostragem n.º 1 e 2, os parâmetros “oxigênio dissolvido” e “DBO”, respectivamente, encontravam-se fora dos limites estabelecidos para a Classe II, conforme a DN COPAM CERH MG n.º 08 de 2022;

- A presença de bactérias do grupo dos coliformes e *Escherichia coli* pode ter influenciado no resultado mais baixo do parâmetro “Oxigênio dissolvido” no ponto n.º 1, enquanto o ponto n.º 2 apresentou uma quantidade considerável de matéria orgânica, detectada pelo parâmetro “DBO”, cujo limite legal para a classe II é de 5 mgO₂/L;
- A presença de matéria orgânica na água pode ter contribuído para a diminuição do oxigênio dissolvido nos pontos analisados. As matérias orgânicas servem como substratos para o desenvolvimento e crescimento de bactérias, incluindo o grupo de coliformes.

As tabelas 15 e 16 demonstram a quantidade percentual dos Coliformes Totais em relação aos Coliformes Termotolerantes e *E. coli* encontrados nas amostras coletadas nas BHC BVT ao longo das duas campanhas de amostragem. Essas tabelas evidenciam a presença de material fecal em todos os pontos de amostragem, o que pode estar influenciando os resultados de cor e turbidez acima dos padrões preconizados pela Portaria n.º 888 do GM/ MS de 2021, que trata da qualidade de água para consumo humano.

Tabela 15 – Correlação do grupo coliformes e *E. coli* (% de confirmação dentre os coliformes totais encontrados).

| CAMPANHA 04/08/2022 | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Ensaio | Pontos | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Coliformes Totais | 5050 | 140 | 921 | 326 | 83,3 | 579 | 613 | 205 |
| Coliformes Totais (%) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Coliforme Termotolerantes | 540 | 90 | 40 | 149 | 28 | 180 | 260 | 10 |
| Coliforme Termotolerantes (% confirmado em relação aos Coliformes Totais) | 11% | 64% | 4% | 46% | 34% | 31% | 42% | 5% |
| <i>Escherichia coli</i> | 300 | 21,6 | 7,4 | 81,6 | 8,6 | 157 | 118 | 7,5 |
| <i>E. coli</i> (confirmação dentre os Coliformes Totais) % | 6% | 15% | 1% | 25% | 10% | 27% | 19% | 4% |
| <i>E. coli</i> (% confirmação dentre os Coliformes Termotolerantes) | 56% | 24% | 19% | 55% | 31% | 87% | 45% | 75% |

Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora.

Tabela 16 – Correlação do grupo coliformes e *E. coli* (% de confirmação dentre os coliformes totais encontrados).

| CAMPANHA 01/03/2023 | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ensaio | Pontos | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Coliformes Totais | 3870 | 933 | 1850 | 4336 | 4540 | 5790 | 609 | 2750 |
| Coliformes Totais (%) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Coliforme Termotolerantes | 67 | 8 | 190 | 48 | 250 | 440 | 72 | 180 |

Continua

Continuação

| | | | | | | | | |
|---|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|------|
| Coliforme Termotolerantes (% confirmado em relação aos Coliformes Totais) | 2% | 1% | 10% | 1% | 6% | 8% | 12% | 7% |
| <i>Escherichia coli</i> | 20 | 0 | 100 | 35,9 | 185 | 359 | 41 | 31,5 |
| <i>E. coli</i> (confirmação dentre os Coliformes Totais) % | 1% | 0% | 5% | 1% | 4% | 6% | 7% | 1% |
| <i>E. coli</i> (% confirmação dentre os Coliformes Termotolerantes) | 30% | 0% | 53% | 75% | 74% | 82% | 57% | 18% |

Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

Os valores encontrados em todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais nas campanhas, bem como seus limites de acordo com a legislação referenciada, estão apresentados no Apêndice A.

A avaliação da qualidade da água é um dos elementos importantes no subsídio à tomada de decisões na gestão ambiental (Flauzino, 2014). Assim sendo, foi aplicado o Índice de Qualidade das Águas (IQA) com o intuito de verificar a contaminação dos corpos hídricos devido ao lançamento de efluentes líquidos, em função dos múltiplos usos da água. Isso permite, de forma geral, a verificação de como se apresenta a qualidade da água nos pontos e datas das campanhas de amostragem. Flauzino (2014) menciona que esse índice é um exemplo de modelo matemático utilizado por alguns órgãos fiscalizadores para a avaliação da qualidade da água.

Os valores do IQA são classificados em faixas. Essa classificação possui valores diferenciados conforme cada estado brasileiro, sendo os valores apresentados no Quadro 12 aqueles instituídos para o estado de Minas Gerais.

Quadro 12 – Escalas de enquadramento do IQA para o estado de Minas Gerais.

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

Fonte: Agência Nacional de Águas-ANA (2013). Org.: A autora (2023).

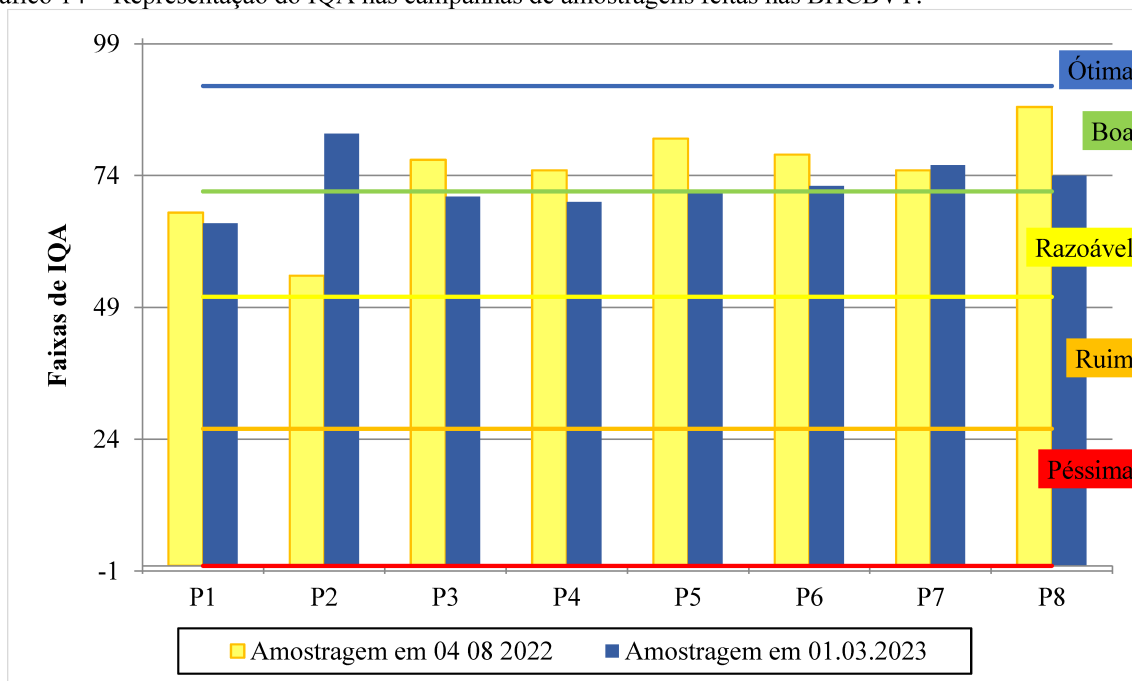
A qualidade da água monitorada ao longo das campanhas e dos pontos de amostragem variou de “Boa” a “Razoável” de acordo com as faixas de IQA estabelecidas pela Agência Nacional das Águas - ANA (Quadro 13 e Gráfico 14).

Quadro 13 – Resultados do IQA – BHCbVT.

| Pontos de coleta | Campanhas de amostragens | Resultados – Cálculos do IQA |
|------------------|--------------------------|------------------------------|
| Ponto 1 | 04.08.2022 | 67 - Razoável |
| Ponto 2 | | 49 - Razoável |
| Ponto 3 | | 77 - Boa |
| Ponto 4 | | 75- Boa |
| Ponto 5 | | 81- Boa |
| Ponto 6 | | 78- Boa |
| Ponto 7 | | 75- Boa |
| Ponto 8 | | 87- Boa |
| Ponto 1 | 01.03.2023 | 65 - Razoável |
| Ponto 2 | | 82- Boa |
| Ponto 3 | | 70- Razoável |
| Ponto 4 | | 69- Razoável |
| Ponto 5 | | 71- Boa |
| Ponto 6 | | 72- Boa |
| Ponto 7 | | 76- Boa |
| Ponto 8 | | 74- Boa |

Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 14 – Representação do IQA nas campanhas de amostragens feitas nas BHCbVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

O ponto n.º 1 (Água Córrego Desengano) manteve a qualidade classificada como “Boa”, tanto na campanha de amostragem representativa do período de estiagem quanto na do período chuvoso.

A qualidade da água do ponto n.º 2 (Água Córrego Pombo) variou de “Razoável” no período de estiagem para “Boa” no período chuvoso.

Ao contrário do ponto n.º 2, o ponto n.º 4 (Água Córrego Três Marcos) apresentou qualidade “Boa” no período de estiagem e “Razoável” no período chuvoso.

Observa-se que a relação dos resultados de coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido influenciou diretamente na obtenção destes resultados. Essa relação pode ser confirmada quando se analisa o peso relativo de cada parâmetro: oxigênio dissolvido tem o peso de 0,17 e os coliformes termotolerantes têm o peso de 0,15, segundo a Agência Nacional das Águas (2023).

Nos pontos em que os resultados de coliformes termotolerantes foram superiores a 50 UFC/mL e os de oxigênio dissolvido iguais ou inferiores a 5 mg/L, a classificação da qualidade da água se mostrou como “Razoável” (Pontos 1 e 2 no período de estiagem; e 1, 3 e 4 no período chuvoso).

As amostras dos demais pontos mantiveram a classificação “Boa” em ambas as campanhas de amostragem.

Vale ressaltar que o ponto n.º 1 manteve a classificação do IQA como “Regular”, mesmo no período chuvoso. Este fato pode ter ocorrido devido à falta de alteração considerável nos fatores que podem influenciar as variáveis para determinação do IQA (matéria orgânica, materiais dissolvidos, contaminação por efluentes líquidos, entre outros).

Os pontos n.º 3 e 4 apresentaram variação do IQA de “Boa” para “Razoável” devido à influência de material orgânico lançado na água do corpo receptor.

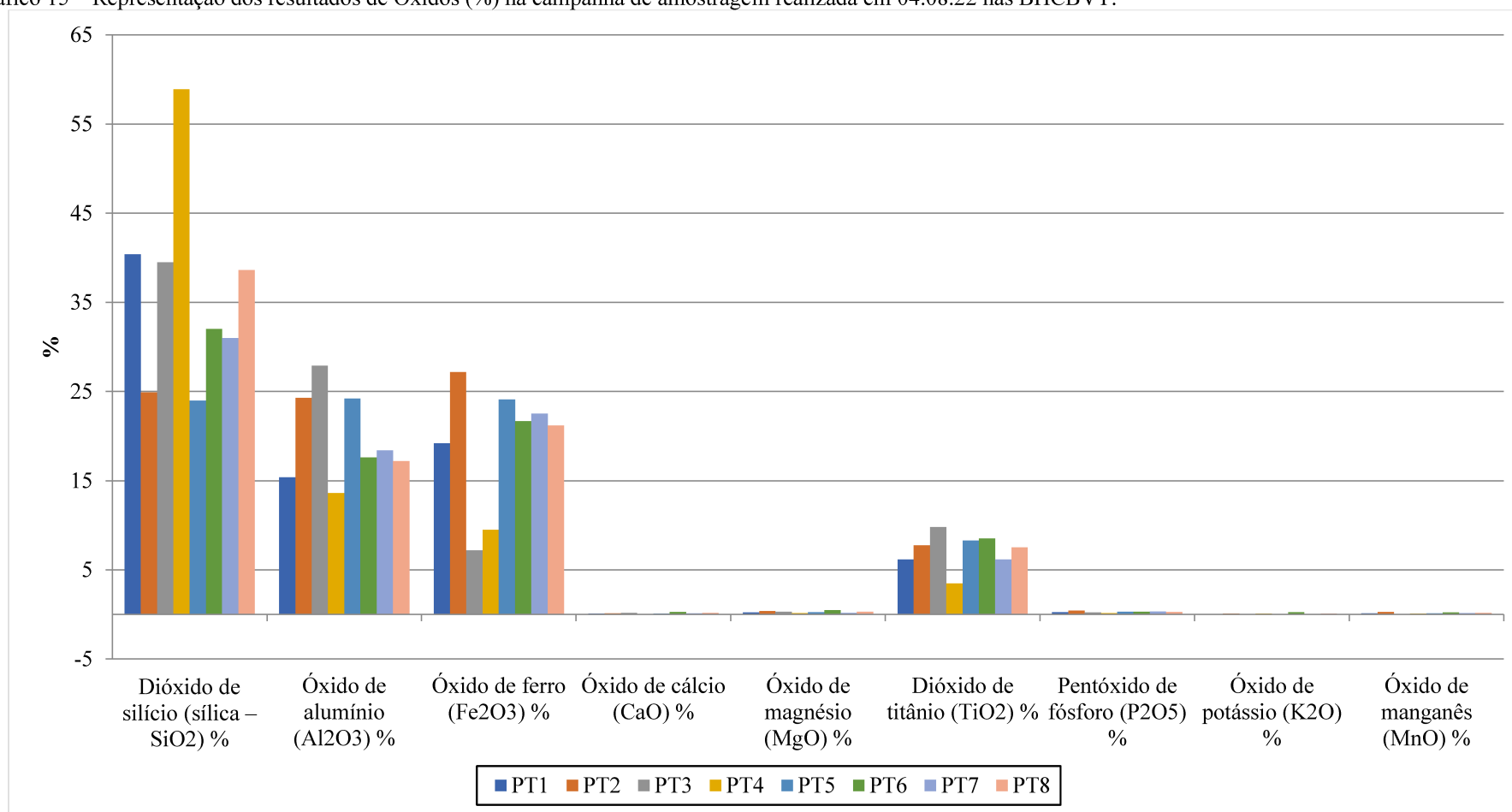
4.2.2 Avaliação da Qualidade dos Sedimentos Fluviais das BHC BVT: variáveis óxidos e metais pesados

Na caracterização química dos sedimentos, observou-se que os fatores de uso e ocupação do solo na área de estudo influenciaram em alguns resultados obtidos, especialmente aqueles que não atenderam aos limites legais determinados pelas Resoluções do CONAMA n.º 420/2009 e n.º 454/2012.

No período seco, os teores de óxidos encontrados nas amostras são compostos, em sua maioria, por SiO₂ (com valores entre 24% e 58,9%), Al₂O₃ (entre 15,4% e 27,9%), Fe₂O₃ (entre 7,19% e 27,2%) e TiO₂ (entre 3,46% e 9,81%). Em concentrações menores, ou seja, baixas concentrações, estão presentes MgO (entre 0,16% e 0,36%), P₂O₅ (entre 0,14% e 0,41%), MnO (entre 0,07% e 0,26%), CaO (entre 0,06% e 0,28%), K₂O (entre 0,05% e 0,24%). Já no período chuvoso, predominam SiO₂ (com valores entre 39 e 84,8), Al₂O₃ (entre 4,63 e 21,0) e Fe₂O₃ (entre 3,53 e 20,6), e com concentrações menores estão TiO₂ (entre 1,26 e 5,67), MgO (entre 0,11 e 0,23), P₂O₅ (entre 0,06 e 0,29), MnO (entre 0,03 e 0,16), CaO (entre 0,07 e 0,64) e K₂O (entre 0,024 e 0,10).

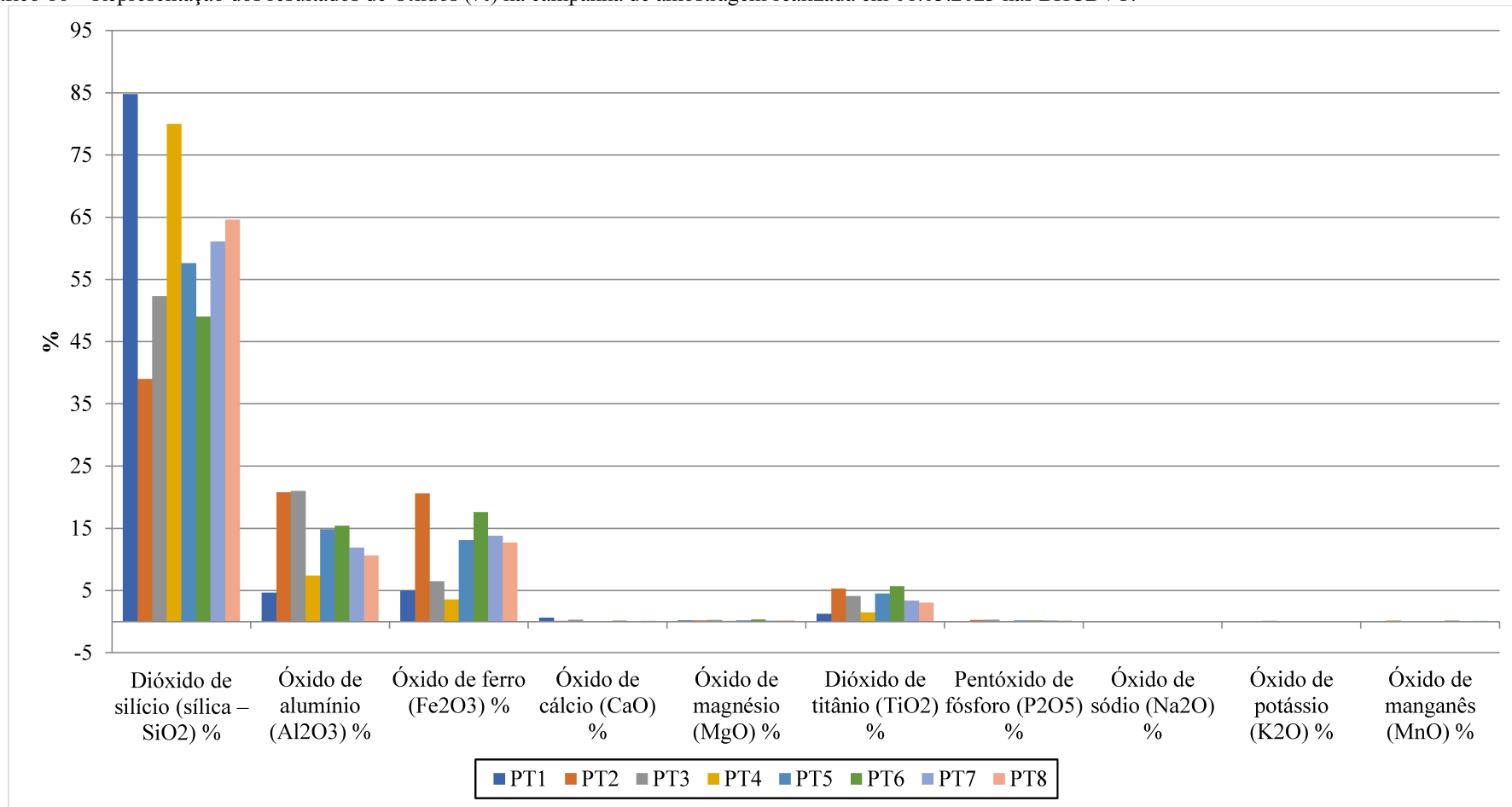
Os Gráficos 15 e 16 apresentam a concentração de óxidos encontrada em cada ponto amostrado, nas duas campanhas de amostragem realizadas nas BHC BVT. O Apêndice B mostra uma tabela com todos os resultados dos Óxidos nos ensaios em sedimentos fluviais por campanhas e referências às legislações.

Gráfico 15 – Representação dos resultados de Óxidos (%) na campanha de amostragem realizada em 04.08.22 nas BHCbVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 16 – Representação dos resultados de Óxidos (%) na campanha de amostragem realizada em 01.03.2023 nas BHCbVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Em comparação com os teores de óxidos, a maior concentração de Fe_2O_3 foi encontrada nos sedimentos coletados no ponto n.º 2, em ambas as campanhas. Em campo, observou-se erosão laminar e em sulcos nos materiais inconsolidados do tipo Retrabalhados da Formação Serra Geral, bem como ausência de vegetação. Esse material transportado e depositado ao longo do tempo pode ter contribuído para o resultado, uma vez que essa classe de materiais inconsolidados estão presentes em suas vertentes. A jusante do ponto, a menos de 40 metros de distância, aflora o basalto. Esses aspectos podem ter contribuído, já que Leinz e Amaral (1989); Frascá & Sartori (1998); Teixeira *et al.* (2016), afirmam que teores representativos de ferro e alumínio também são próprios da constituição químico-mineralógica dos basaltos.

O Dióxido de silício (sílica– SiO_2) apresentou maiores concentrações entre todos os pontos amostrados nas duas campanhas de amostragem. Isso se deve provavelmente à ação das intempéries sobre rochas, argilas, areias, minerais e outros materiais presentes no solo, os quais são compostos, em sua maioria, por minerais silicatados. Da mesma forma, os elevados teores de alumínio e ferro corroboram esta explicação. Os minerais que predominam na fração argila dos solos intemperizados do Cerrado são caulinita e óxidos de ferro e alumínio.

O ensaio laboratorial “*Loss on Ignition*” – LOI permitiu verificar as substâncias inorgânicas voláteis presentes nas amostras de sedimentos. Entre essas substâncias, identificadas pelo ensaio LOI estão o mercúrio e o selênio, que podem ser provenientes de produtos químicos e compostos lançados no solo, bem como de queimadas. O processo de lixiviação, decomposição e volatilização de folhas e caules também emite metais pesados nos solos e para a atmosfera.

De acordo com os resultados de LOI, percebe-se que os pontos de amostragem no período seco apresentaram maior presença de material volátil, variando de 12,16% a 18,41%, enquanto no período chuvoso os teores de material volátil foram menores, variando de 3,92% a 15,78%.

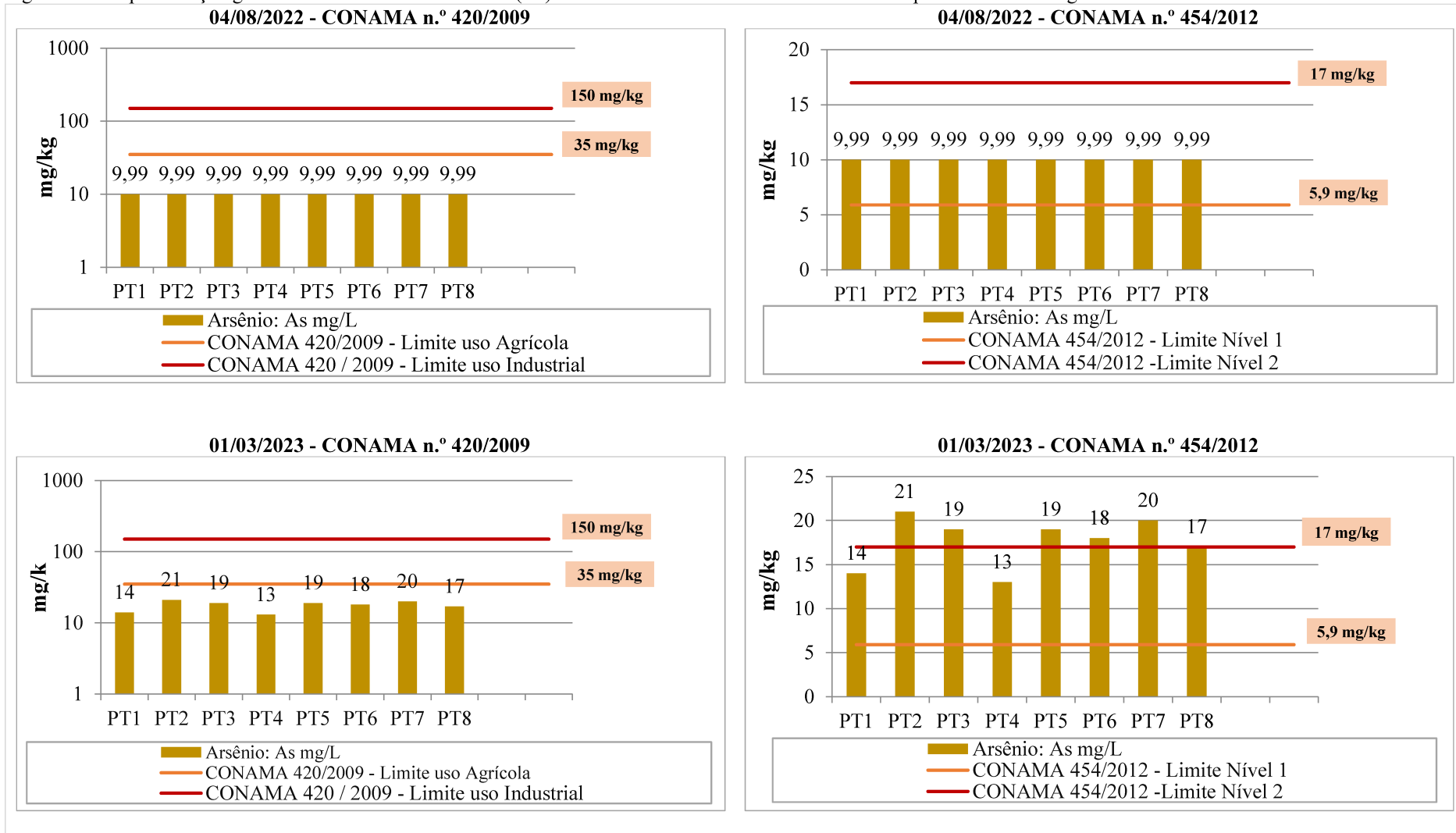
As concentrações de metais pesados, como As, Co, Cu, Cr, Ni e Zn, citados em diversos estudos, são descritas a seguir e apresentadas em gráficos. Todos os valores dos parâmetros avaliados, estejam dentro ou fora dos padrões da legislação, estão apresentados no Apêndice C.

As concentrações de Arsênio (As) encontradas no período seco estão dentro dos padrões das Resoluções CONAMA n.º 420/2009 e CONAMA n.º 454/2012. Porém, no período chuvoso, as concentrações encontradas nos pontos n.º 1, 4 e 8 estiveram acima do Nível 1 e dentro do Nível 2 da Resolução CONAMA n.º 454/2012, enquanto os pontos n.º 2, 3, 5, 6 e 7 obtiveram concentrações acima do Nível 2 da mesma resolução. Este fato pode ter ocorrido

devido ao estágio no processo produtivo das culturas cultivadas na área, incluindo a soja, que emprega compostos que, em geral, contêm Arsênio. O período de plantio e cultivo está associado ao início do período chuvoso, deixando o solo exposto e propiciando o carreamento de sólidos para os cursos d'água (Figura 31).

Vale ressaltar que os valores de Arsênio obtidos nas amostras coletadas em 04/08/22 foram $< 10,0$ mg/kg. No entanto, como o método analítico só consegue analisar amostras com resultado acima de 10 mg/kg, foi necessário inserir o valor 9,9 no gráfico, considerando assim que o resultado pode variar até 9,9 mg/kg.

Figura 31 – Representação gráfica dos resultados de Arsênio (As) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbvt e leis correlatas.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

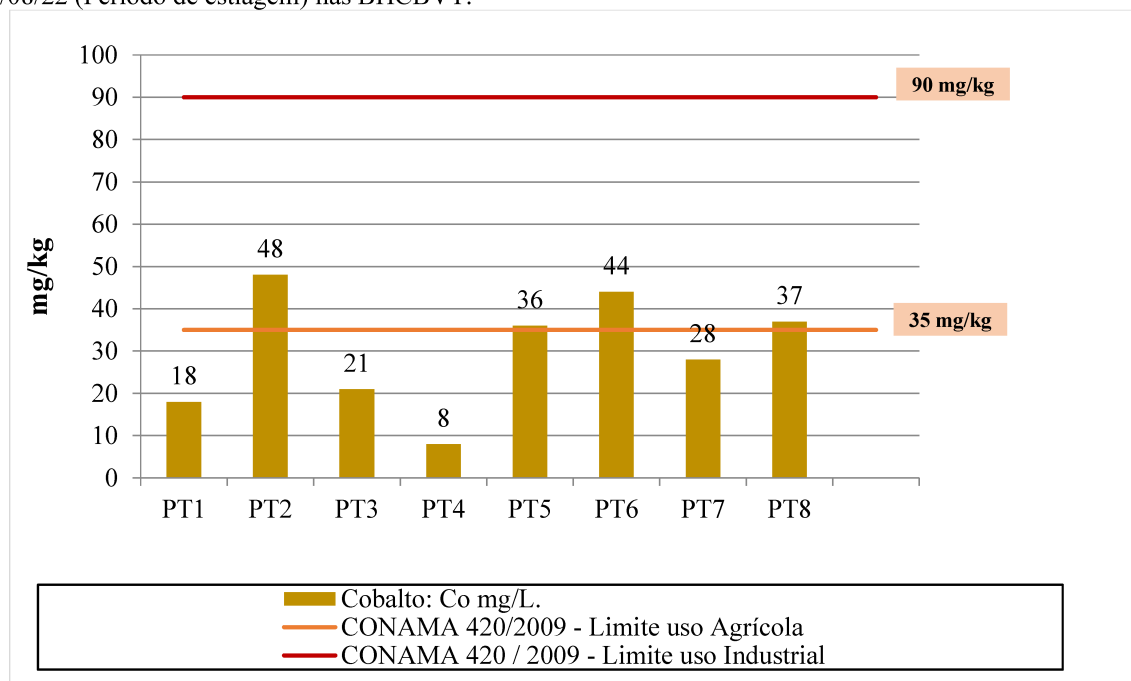
A Resolução que estabelece limites legais para o Cobalto (Co) é a de n.º 420/2009 do CONAMA, que atribui um limite de 35 mg/kg para uso agrícola e de 90 mg/kg para uso industrial no solo. As concentrações de Cobalto nos sedimentos fluviais das BHC BVT variaram entre 8 e 48 mg/kg no período seco e 7,99 a 49 mg/kg no período chuvoso.

O ponto n.º 2 apresentou teores próximos nos períodos de amostragem, com 48 mg/kg durante a estiagem e 49 mg/kg durante o período chuvoso, ambos ultrapassando o limite para uso agrícola. Já o ponto n.º 6 mostrou uma diminuição de 6 mg/kg do período de estiagem para o chuvoso. Apesar disso, os resultados encontrados foram superiores ao limite de 35 mg/kg para uso agrícola do solo.

Os pontos n.º 5 e 8 apresentaram teores acima do limite para uso agrícola no período de estiagem. No período chuvoso, esses pontos atenderam aos padrões legais tanto para uso agrícola quanto para uso industrial.

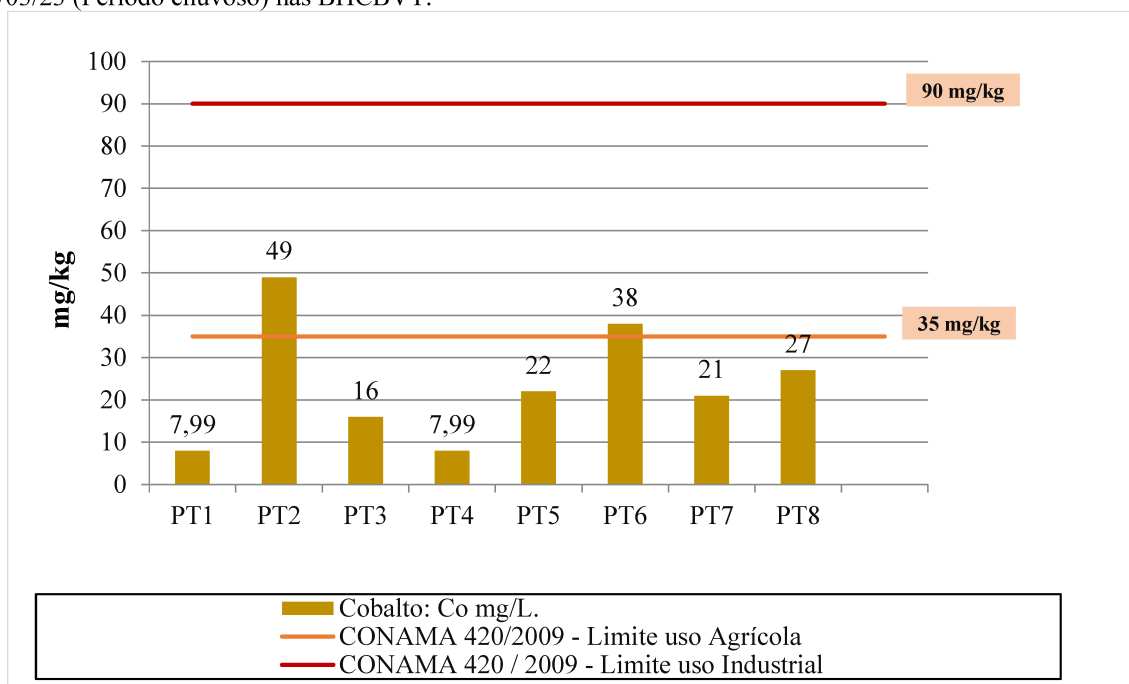
Os Gráficos 17 e 18 apresentam os valores de Co obtidos em cada ponto nas duas campanhas de amostragem e padrões da Resolução CONAMA n.º 420/2009. Vale lembrar que o Co não possui padrões na Resolução CONAMA n.º 454/2012, portanto, não houve elaboração de gráfico para representação.

Gráfico 17 – Representação dos resultados dos ensaios de Cobalto (Co) – Amostras de sedimentos coletadas em 04/08/22 (Período de estiagem) nas BHC BVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 18 – Representação dos resultados dos ensaios de Cobalto (Co) – Amostras de sedimentos coletadas em 01/03/23 (Período chuvoso) nas BHCVT.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

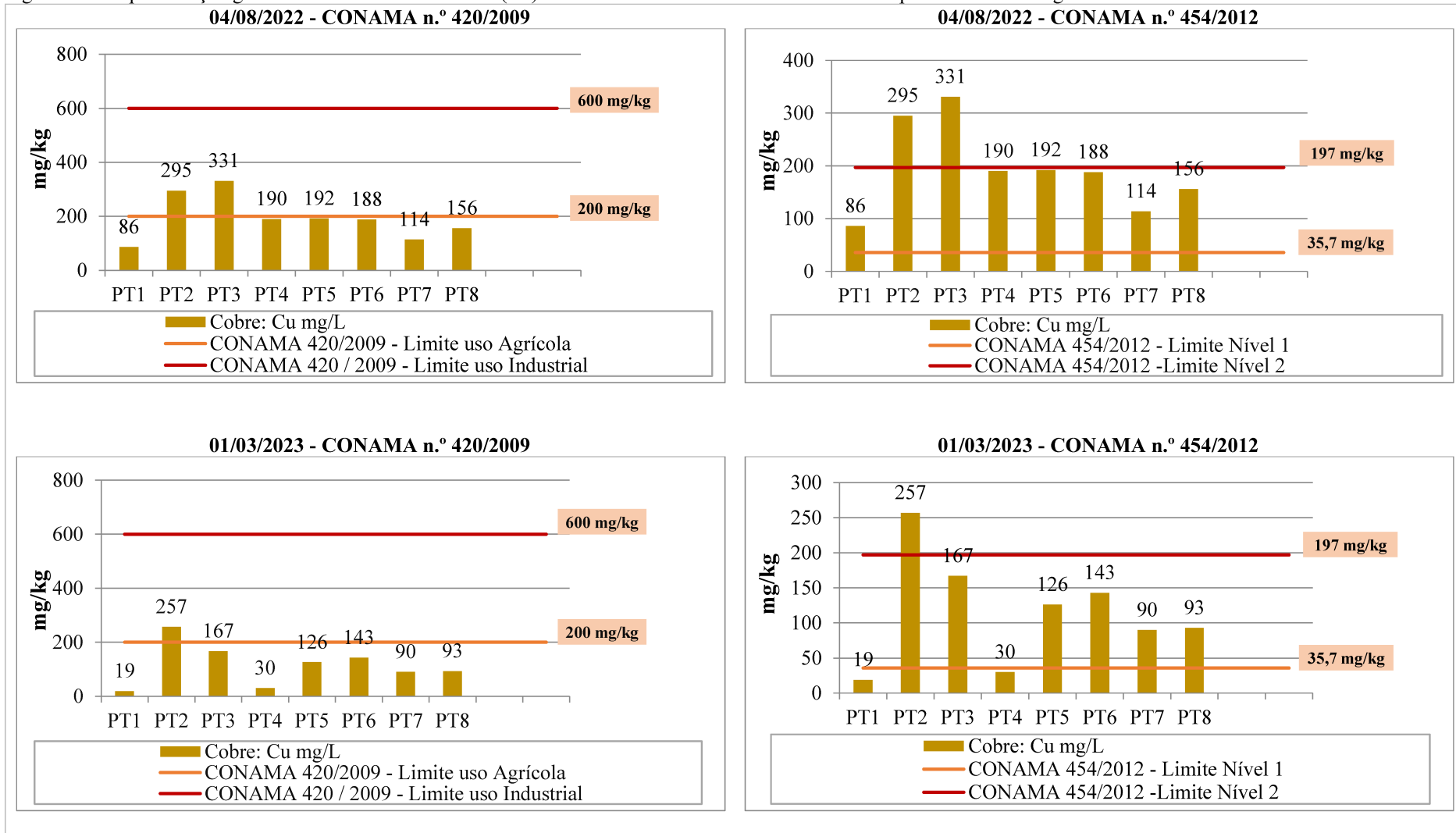
As concentrações de Cobre (Cu) encontradas nos pontos n.º 2 e 3, no período de estiagem, foram superiores ao limite para o uso agrícola, conforme estabelecido pela Resolução do CONAMA 420/2009. No período de chuva, apenas o ponto n.º 2 apresentou resultados superiores ao permitido para utilização do solo na agricultura.

Em comparação com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 454/2012, o teor de Cu excedeu o nível 1 em todos os pontos, e os pontos n.º 2 e 3 apresentaram valores superiores ao estabelecido no nível 2 durante o período de estiagem. Observou-se que, no período chuvoso, os pontos de amostragem n.º 1 e 4 apresentaram teor de cobre dentro do nível 1, enquanto os pontos n.º 3, 5, 6, 7 e 8 mostraram resultados acima do nível 1 e abaixo do nível 2. Já o ponto n.º 2 apresentou teor superior ao nível 2 neste período.

O período do cultivo está associado ao fim da estiagem e ao início do período chuvoso, fato que pode ter influenciado na presença do elemento Cobre no solo. Sabe-se que, durante o cultivo, ocorre a aplicação de defensivos agrícolas nas folhas e adubação do solo antes do plantio, os quais podem conter cobre, sendo este elemento químico inserido no solo.

Os valores de Cobre obtidos em cada ponto, nas duas campanhas de amostragem, estão demonstrados na Figura 32.

Figura 32 – Representação gráfica dos resultados de Cobre (Cu) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCVT e leis correlatas.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

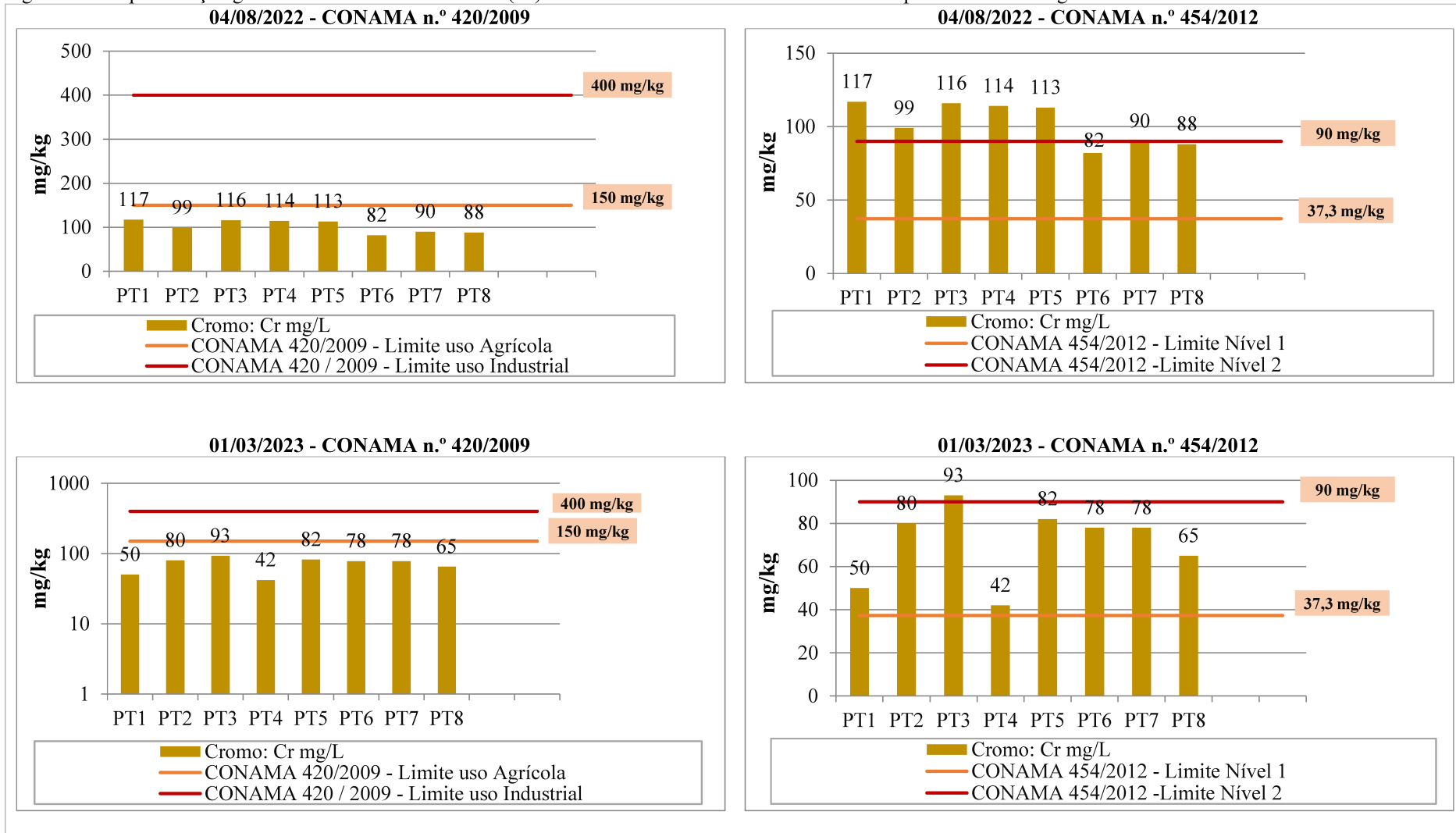
Em relação ao Cromo (Cr), todos os pontos estão de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 420/2009.

As concentrações de Cr encontradas nos pontos n.º 1, 2, 3, 4 e 5 foram acima do Nível 2, enquanto nos pontos n.º 6, 7 e 8 foram acima do Nível 1 e dentro do nível 2 dos padrões da Resolução CONAMA n.º 454/2012 durante o período seco. No período chuvoso, as concentrações nos pontos n.º 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 ficaram acima do Nível 1 e dentro do nível 2, e o ponto n.º 3 apresentou concentração de Cr acima do Nível 2 da Resolução CONAMA n.º 454/2012.

A presença do Cr em teores acima do permitido demonstra que o uso agrícola do solo pode estar relacionado ao aumento deste metal nos sedimentos, o que deve ser investigado para a determinação da fonte deste perigoso contaminante.

A Figura 33 representa os valores de Cromo obtidos em cada ponto nas duas campanhas de amostragem.

Figura 33 – Representação gráfica dos resultados de Cromo (Cr) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

Em observação aos resultados encontrados para o Níquel (Ni), na estação seca, os pontos n.º 2 e 3 apresentaram concentrações acima dos padrões para uso agrícola estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 420/2009, enquanto as concentrações dos pontos n.º 1 e 7 ficaram acima do Nível 1 e dentro do Nível 2 da Resolução CONAMA n.º 454/2012. Os pontos n.º 2, 3, 5, 6 e 8 alcançaram concentrações acima do Nível 2 desta última resolução mencionada.

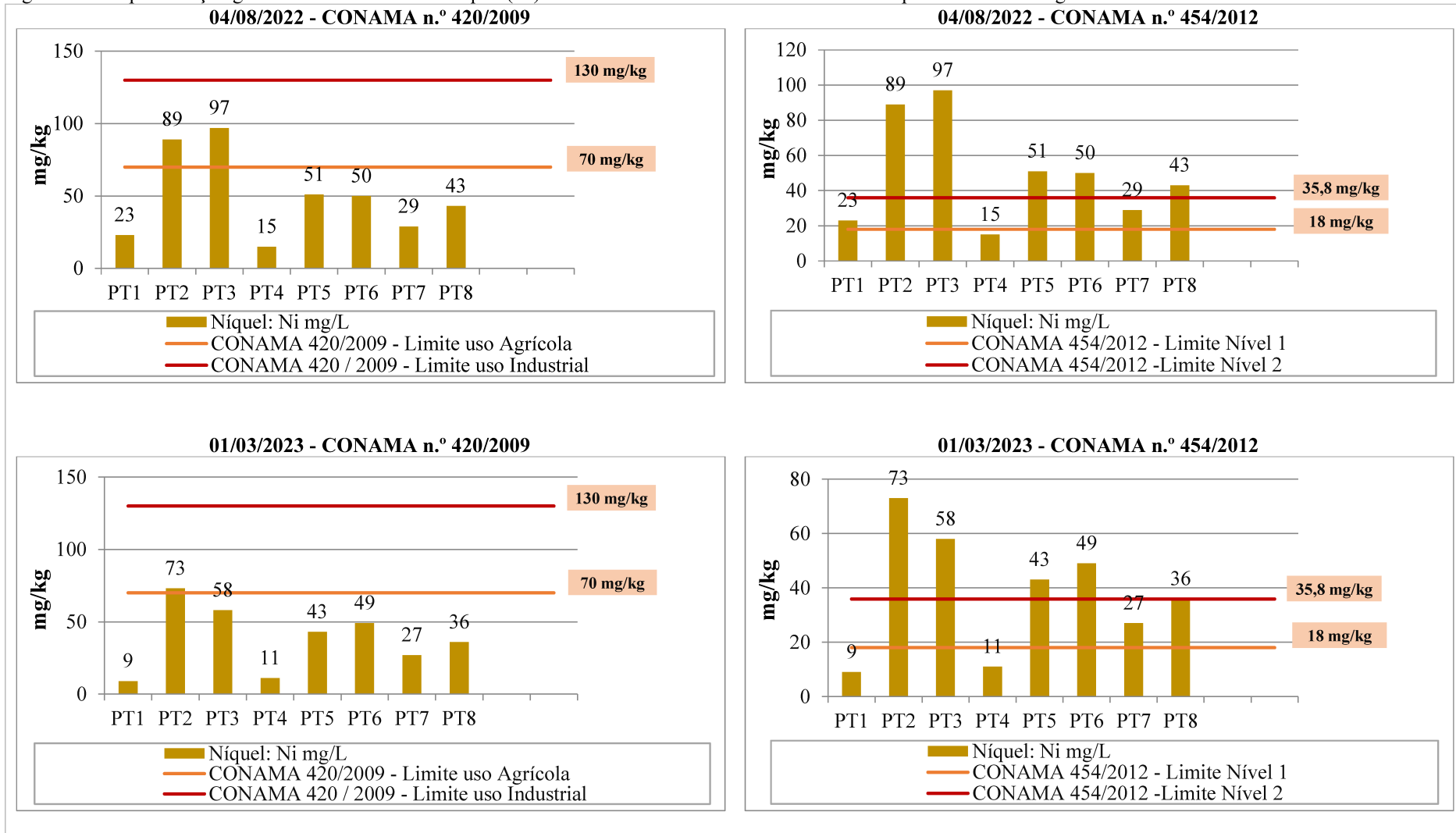
Na estação chuvosa, o ponto n.º 2 apresentou concentração acima do critério de investigação para as áreas agrícolas, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 420/2009. Os pontos n.º 4 e 7 obtiveram concentrações que ficaram acima do Nível 1 e dentro do Nível 2, enquanto os pontos n.º 2, 3, 5, 6 e 8 alcançaram concentrações acima do Nível 2 da Resolução CONAMA n.º 454/2012.

Sabe-se que o níquel é um micronutriente catiônico comum, naturalmente presente em rochas ígneas. Também é utilizado em compostos para adubação no cultivo de culturas, incluindo a soja.

Os altos teores de níquel encontrados nos pontos de amostragem n.º 2 e 3 durante o período de estiagem, e no ponto n.º 2 durante o período chuvoso, excederam os padrões recomendados para a utilização agrícola do solo. A proveniência do níquel pode estar relacionada ao uso de compostos para adubação de culturas.

A Figura 34 apresenta os valores de Níquel obtidos em cada ponto nas duas campanhas de amostragem nas BHCBVT.

Figura 34 – Representação gráfica dos resultados de Níquel (Ni) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCbVT e leis correlatas.



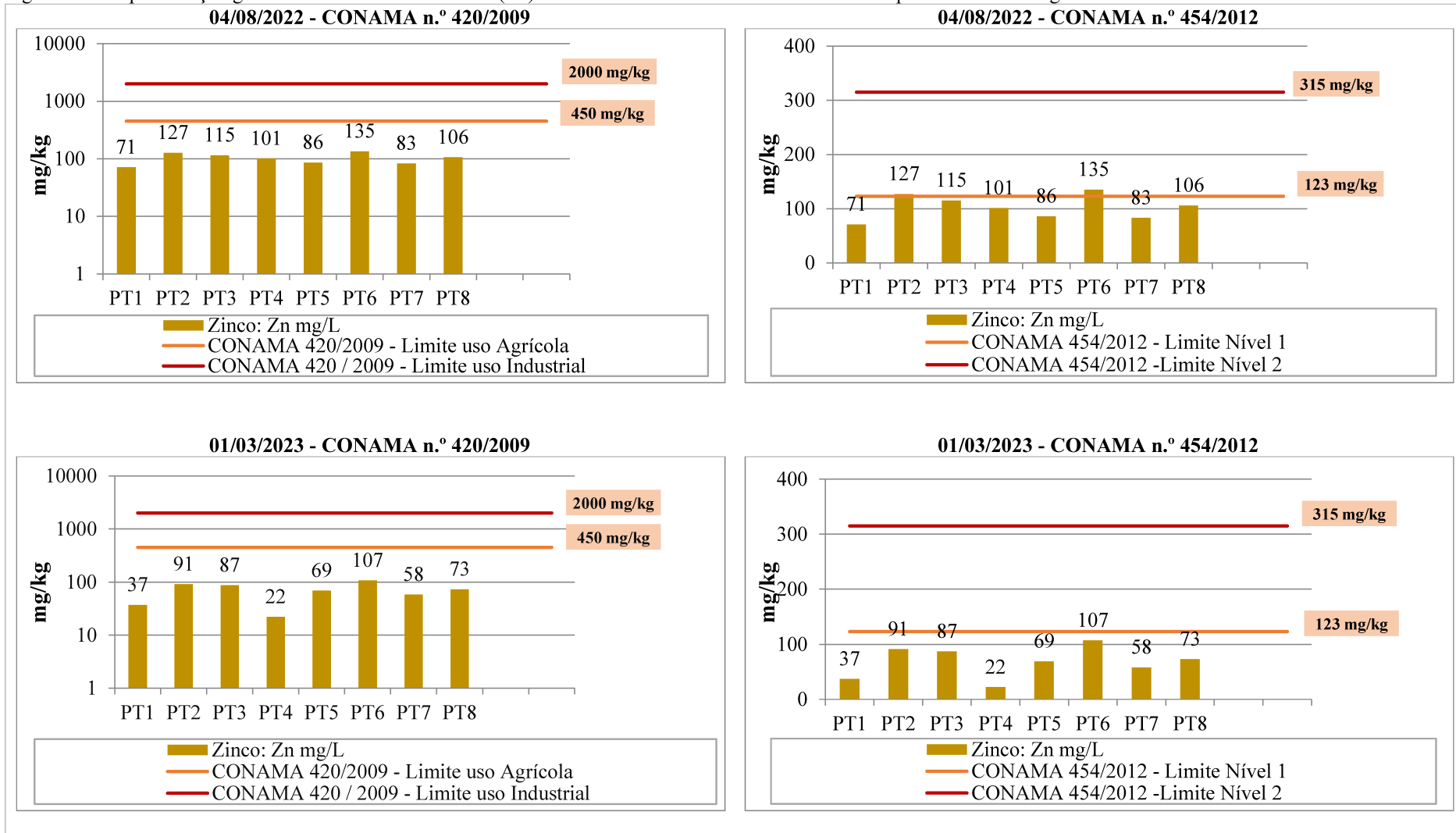
Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

As concentrações de Zinco (Zn) encontradas nos pontos n.º 2 e 6 foram superiores ao Nível 1 da Resolução CONAMA n.º 454/2012 no período de estiagem. Esse fato pode ter ocorrido devido ao processo produtivo das culturas cultivadas na área, incluindo a soja, onde são empregados compostos que podem conter Zn. Este elemento é amplamente utilizado nas plantações, auxiliando no crescimento das plantas e na ativação de enzimas.

Os teores de Zn encontrados em todos os pontos, tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso, foram inferiores aos valores preconizados pela Resolução do CONAMA n.º 420/2009.

Os valores de Zn encontrados nos pontos amostrados estão apresentados na Figura 35.

Figura 35 – Representação gráfica dos resultados de Zinco (Zn) nos sedimentos das amostras das duas campanhas de amostragem realizadas nas BHCVT e leis correlatas.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborada pela autora (2023).

A partir das análises, entende-se que os resultados em conformidade com os limites estabelecidos pelas resoluções representam as condições naturais dos solos. Por outro lado, os teores que ultrapassaram os limites estabelecidos refletem o impacto da ação antrópica no uso do solo, decorrente dos processos produtivos das culturas na área de estudo. Este fato pode estar relacionado aos processos produtivos das culturas cultivadas na área, como soja e o milho, onde se empregam compostos químicos.

Vale mencionar que, geralmente, os cultivos estão associados ao fim do período de estiagem e início do período chuvoso para as culturas de sequeiro¹⁷. Já para as culturas irrigadas, o período de uso de produtos agrícolas é maior do que para as culturas de sequeiro, pois produzem o ano todo, exceto no período de vazio sanitário, e são forrageiras.

Sabe-se que os óxidos são provenientes das ações de intemperismo nos solos, rochas e outros materiais presentes no solo. Eles atuam como agentes cimentantes entre as partículas do solo, influenciando a capacidade de troca catiônica dos solos (Netto, 2022; Costa, Miyazaki e Rosolen, 2017). Assim, entende-se que os teores de óxidos determinados nas amostras dos sedimentos das BHCBVT são definidos pelo seu material base, que compõe essas bacias e foi depositado nos corpos hídricos após o processo de erosão e transporte.

Os óxidos de ferro estão associados à adsorção de poluentes e à fixação do fósforo, tornando-o indisponível as plantas. Já os óxidos de alumínio são provenientes da ação intensa do intemperismo, favorecida pelas altas temperaturas e pela circulação intensa de águas, o que permite a liberação de sílica e de bases do sistema, além de atuarem na acidez do solo.

4.2.3 Usos múltiplos da água nas BHCBVT

No sistema IDE – SISEMA, estão apresentados dois tipos de regulação de recursos hídricos: o “Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos”¹⁸ e a “Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos”¹⁹, registrados até 05/2023. Com base nesses dados, foi possível sistematizar as informações a respeito dos múltiplos usos da água nas BHCBVT (Tabela 17).

¹⁷ Culturas de sequeiro: A agricultura de sequeiro, como o próprio nome sugere, é um método de cultivo que não depende de irrigação artificial, mas sim da água natural disponível na forma de chuva e umidade do solo (Irriga Agro, 2023).

¹⁸ Cadastro de Usos insignificantes – termo é usado para captações e acumulações superficiais e captações subterrâneas, tais como cisternas, nascentes e poços tubulares, com volume diário explorado menor ou igual a 10.000 litros (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Estadual – SEMAD)

¹⁹ Outorga de uso de Recursos Hídricos - é o instrumento legal que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos, no entanto, essa autorização não dá ao usuário a propriedade de água, mas, sim, o direito de seu uso (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Estadual – SEMAD).

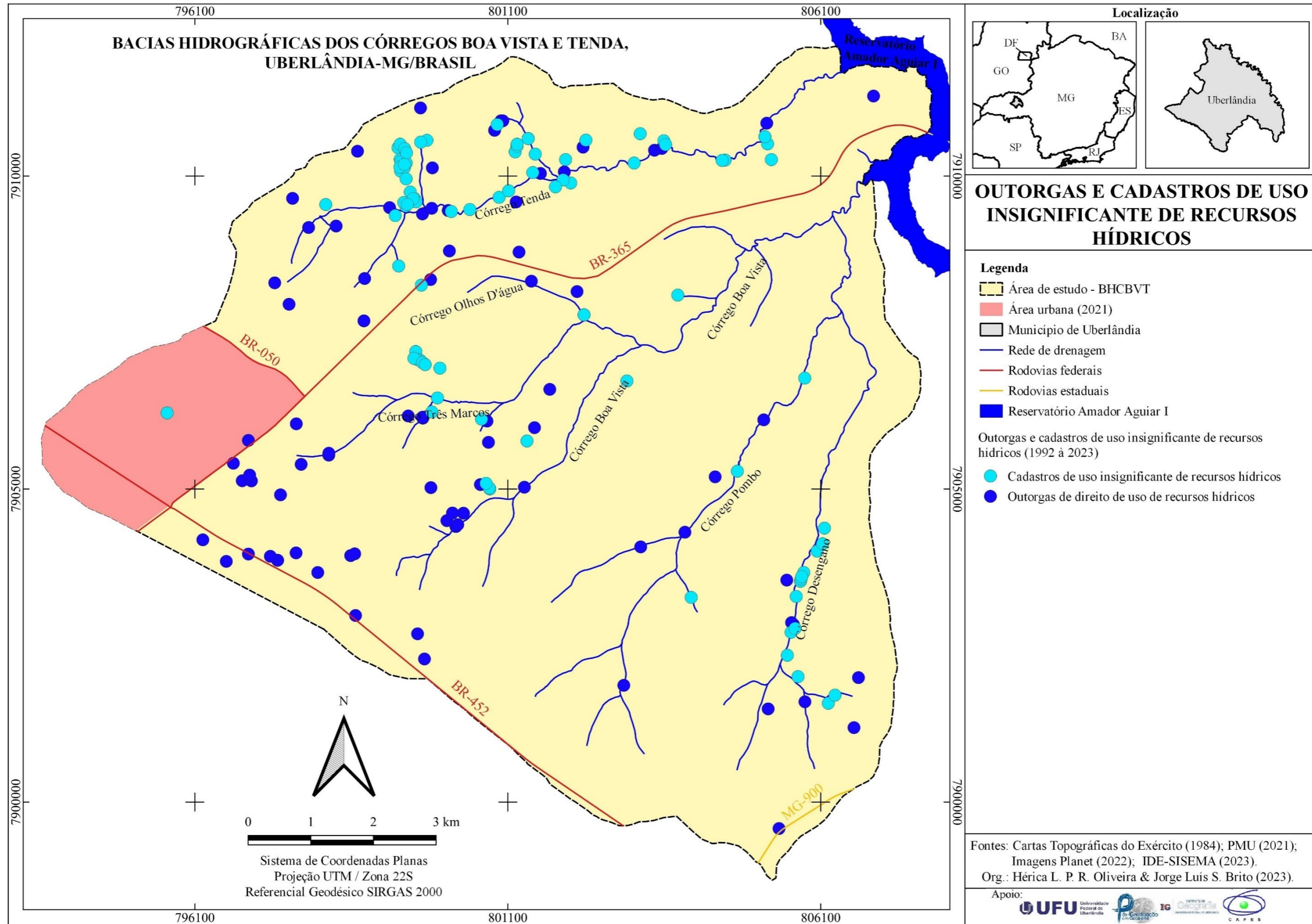
No Mapa 12, está demonstrada a localização dos pontos de captação das águas superficiais e subterrâneas registrados nas categorias de cadastro de uso insignificante de recursos hídricos e outorga de direito de uso de recursos hídricos no período de 1992 a 2023.

Tabela 17 – Usos de recursos hídricos registrados (cadastro uso insignificante e outorgas) na área estudada – BHCbVT.

| TIPOS DE REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS | TIPO DE CAPTAÇÃO | FINALIDADE | QUANT. | |
|---|-------------------------|---|---|----|
| Cadastro de uso insignificante de recursos hídricos | Captação superficial | Corpo d'água | Dessedentação de animais; Consumo humano; Irrigação; e Aquicultura | 40 |
| | | Barramento em curso d'água sem captação | Dessedentação de animais | 6 |
| | Captação subterrânea | Cisterna | Dessedentação de animais; Consumo humano; e Irrigação | 23 |
| | | Nascente | Dessedentação de animais; Consumo humano; e Irrigação | 20 |
| SUBTOTAL | | | 89 | |
| Outorgas de direito de uso de recursos hídricos (IGAM-IDE-SISEMA) | Captação superficial | Corpo d'água; | Dessedentação de animais; Consumo humano; Irrigação; e Aquicultura | 18 |
| | | Barramento em curso d'água sem captação | Paisagismo | 5 |
| | | Barramento em curso d'água com regularização de vazão | Irrigação | 3 |
| | Captação subterrânea | Poço Tubular | Dessedentação de animais; Consumo humano; Irrigação; Lavagem de veículos; Limpeza; Paisagismo; Consumo Agroindustrial; e Pulverização | 51 |
| | | Nascente | Dessedentação de animais; Consumo humano; Irrigação; Lavagem de veículos; e Aquicultura | 5 |
| SUBTOTAL | | | 82 | |
| TOTAL | | | 171 | |

Fonte: Infraestrutura de Dados Espaciais; Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE-SISEMA (2023). Elaborada pela autora (2023).

Mapa 12 – Pontos de captações superficiais e subterrâneas registradas na regulação de Cadastro de Uso Insignificante de Recursos Hídricos e Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos - BHCbVT.



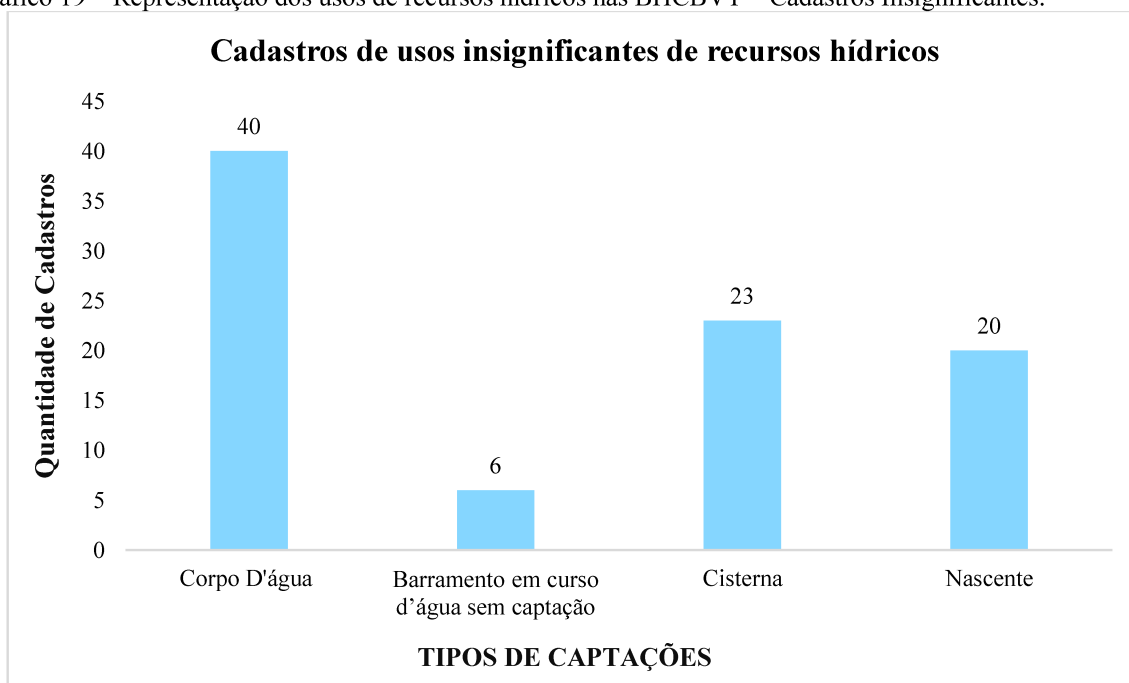
Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Ao observar a Tabela 17, nota-se que o registro de cadastro de uso insignificante de recursos hídricos é representado por captações superficiais (corpo d'água e barramento em curso d'água sem captação) e captações subterrâneas (cisterna e nascente). A Outorga de direito de uso de recursos hídricos registra as captações superficiais (corpo d'água, barramento em curso d'água com regularização de vazão) e captações subterrâneas (poços tubulares e nascentes).

Esses tipos de uso das águas, na área estudada, têm como finalidades: consumo humano, irrigação, dessedentação de animais, lavagem de veículos, limpeza de instalações, consumo agroindustrial e pulverização, que são classificados como usos consultivos. Além desses, existem os usos não consultivos, como paisagismo e aquicultura.

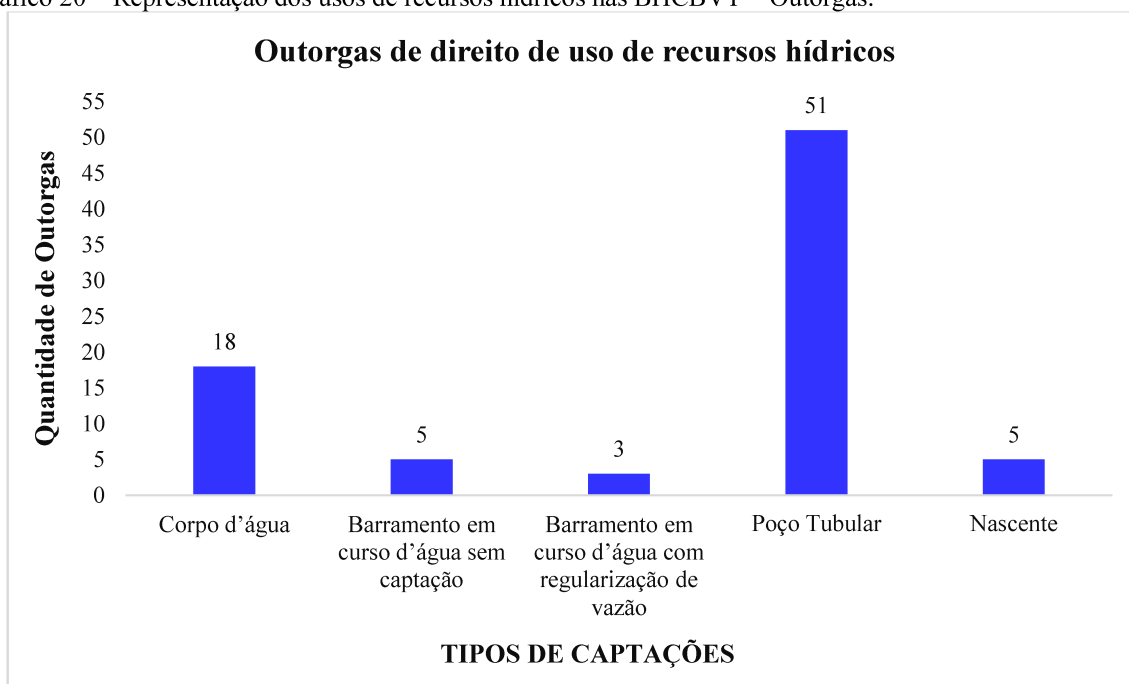
De acordo com o apresentado na Tabela 17 e nos Gráficos 19 e 20, observa-se que o tipo captação em corpo d'água é o que possui o maior número de registros entre os demais tipos de captação na regulação de “cadastro de uso insignificante de recursos hídricos”. Já na “Outorga de direito de uso de recursos hídricos”, o tipo de captação por meio de poço tubular possui a maior quantidade de registros, seguido pelo tipo de captação em corpo d'água, inclusive com barramento em curso d'água.

Gráfico 19 – Representação dos usos de recursos hídricos nas BHCbVT – Cadastros Insignificantes.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 20 – Representação dos usos de recursos hídricos nas BHCBVT – Outorgas.



Fonte: Pesquisa direta. Elaborado pela autora (2023).

A maior quantidade de cadastro de uso insignificante com captação em corpo d'água está presente na bacia do córrego Tenda, seguida pela bacia do córrego Desengano. É nessas bacias hidrográficas que predomina a hortifruticultura desenvolvida nas BHCBVT.

As captações de água em poços tubulares estão espalhadas por toda a área das BHCBVT, com predominância na bacia do alto curso dos córregos Três Marcos e Boa Vista, especialmente nas áreas onde estão instaladas empresas e chácaras.

A Figura 36 apresenta algumas finalidades dos usos da água nas BHCBVT, tais como: irrigação no plantio de hortifruticulturas (chuchu, abóbora, tomate), soja e milho.

Figura 36 – Usos da água para irrigação no plantio de diversos tipos de cultura – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022 e 2023).

4.3 Potencialidades naturais à recarga dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT)

4.3.1 Potencialidade de variáveis naturais à recarga dos cursos d'água

De acordo com De Vargas *et al.* (2023, p. 1), “a recarga de água subterrânea integra o ciclo hidrológico e possui relação direta com a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea das bacias hidrográficas”. Assim, os elementos naturais que compõem a paisagem integram-se no processo de recarga de mananciais hídricos.

Diante disso, a análise da potencialidade natural de recarga dos cursos d'água das BHCBVT foi realizada nesta pesquisa por meio da sobreposição e ponderação dos mapas das variáveis declividade e materiais inconsolidados, com seus devidos pesos, conforme mencionado no item “Procedimentos metodológicos e operacionais” desta tese.

Inicialmente, foram identificados quatro graus de potencialidade da declividade para a recarga dos cursos d'água e de potencialidade dos materiais inconsolidados à recarga dos cursos d'água na área das BHCBVT, os quais são: 1 – Baixo; 2 – Médio; 3 – Alto; e 4 – Muito alto.

A Tabela 18 apresenta as classes de potencialidade da declividade à recarga dos cursos d'água, com suas áreas de ocupação, enquanto o Mapa 13 mostra a espacialização dessas classes.

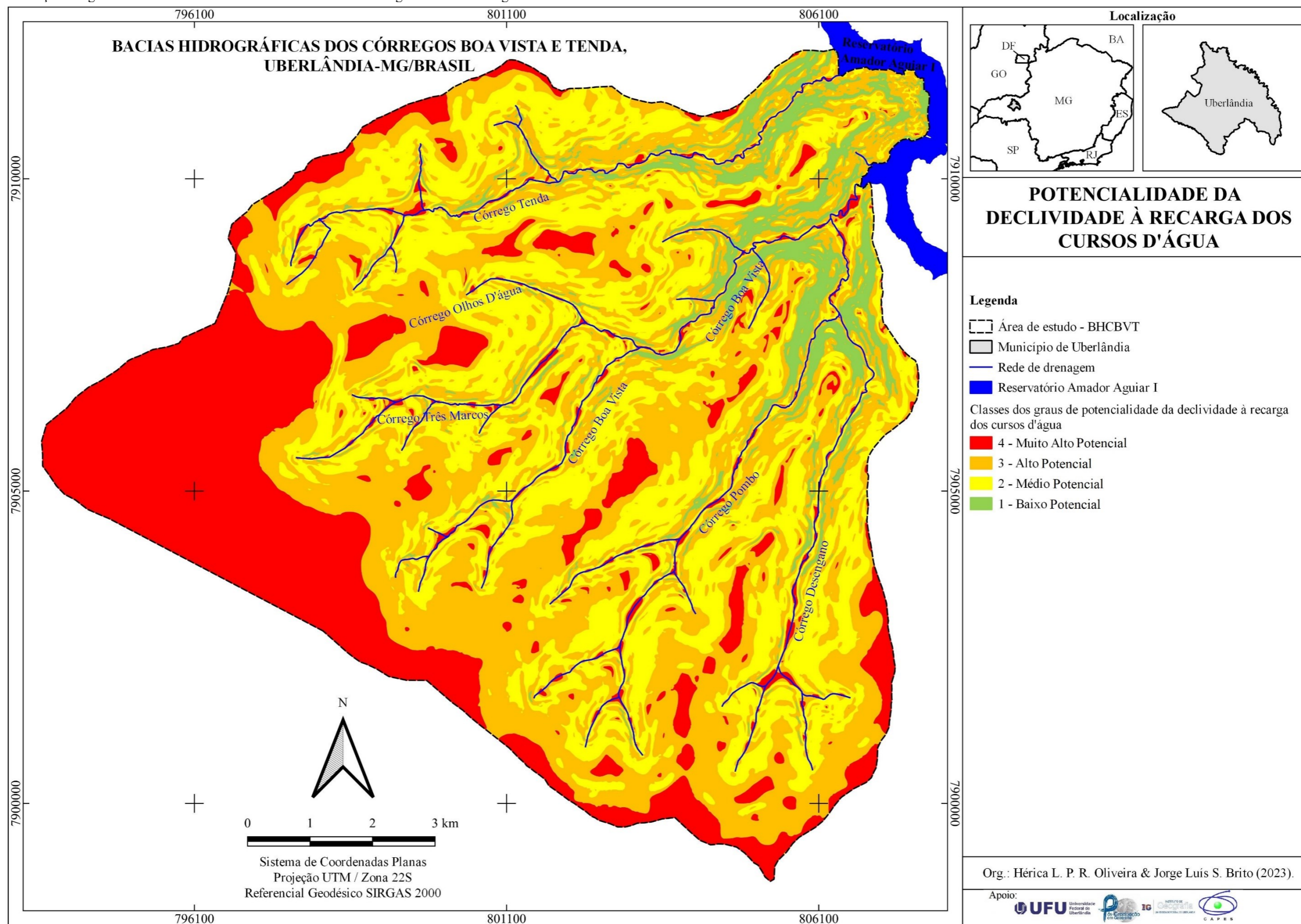
Ao analisar a Tabela 18, nota-se que a classe de potencialidade da declividade à recarga dos cursos d'água com grau 4 “Muito alto”, refere-se às áreas com inclinação inferiores a 3%, ocupando 23,78% da área total das BHCBVT (27,82 km²). O grau 3, “Alto”, para potencial de recarga compreende declividades de 3% a 6% e contempla 27,05% da área estudada. As outras duas classes, definidas como média e baixa potencialidade de recarga da declividade para os cursos d'água, representam respectivamente 29,61% e 19,56% da área das BHCBVT.

Tabela 18 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água das BHCBVT.

| Graus / Classes de Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água | Classes de Declividade | Área ocupada | |
|--|------------------------|--------------------|------------|
| | | (km ²) | (%) |
| 4 – Muito Alto | < 3% | 27,82 | 23,78 |
| 3 – Alto | 3 a 6% | 31,64 | 27,05 |
| 2 – Médio | 6 a 12% | 34,65 | 29,61 |
| 1 – Baixo | > 12% | 22,88 | 19,56 |
| Total | | 116,99 | 100 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

Mapa 13 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água – BHCBVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

As classes de potencialidade dos materiais inconsolidados à recarga dos cursos d'água, com suas áreas de ocupação, estão apresentadas na Tabela 19, enquanto o Mapa 14 mostra a espacialização dessas classes.

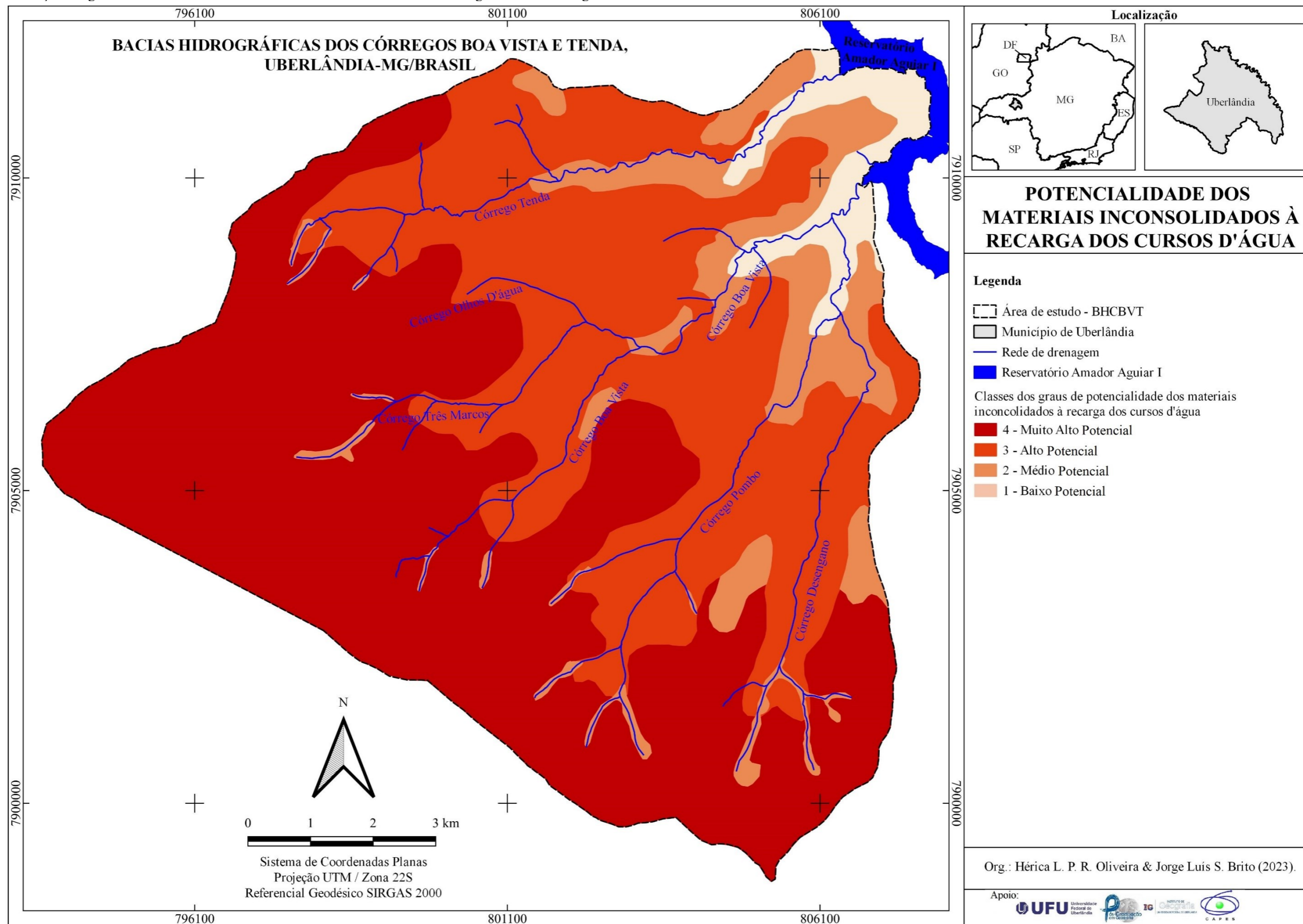
Conforme a Tabela 19, as BHCbVT apresentam 50,31% de sua área total na classe de potencialidade dos materiais inconsolidados à recarga dos cursos d'água como muito alta, correspondente aos tipos de MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Residuais da Cobertura detrítico-laterítica. A classe de alta potencialidade ocupa 35,25% da área total, representada pelos MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; e Residuais da Formação Serra Geral. A classe de média potencialidade à recarga dos cursos d'água, correspondendo a 10,58% do total da área estudada, representada pelos MI: Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; Hidromórficos. A área ocupada pela classe de baixa potencialidade à recarga é de 3,86%, representada pelos MI: Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá; Residuais do do Grupo Araxá.

Tabela 19 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT.

| Graus / Classes de Potencialidade dos MI à Recarga dos Cursos D'Água | Classes de Materiais Inconsolidados | Área ocupada | |
|--|--|--------------------|------------|
| | | (km ²) | (%) |
| 4 – Muito Alto | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica (RetCDL); Residuais da Cobertura detrítico-laterítica (ResCDL) | 58,87 | 50,31 |
| 3 – Alto | Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral (RetCDLSG); Retrabalhados da Formação Serra Geral (RetSG); Residuais da Formação Serra Geral (ResSG) | 41,24 | 35,25 |
| 2 – Médio | Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica (ResPECDL); Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral (ResPESG); Hidromórficos (H) | 12,37 | 10,58 |
| 1 – Baixo | Residuais de Pequena Espessura do Grupo Araxá (ResPEGA); Residuais do Grupo Araxá (ResGA) | 4,51 | 3,86 |
| Total | | 116,99 | 100 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

Mapa 14 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

4.3.2 Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'água – BHCBVT

Por meio da sobreposição e ponderação dos mapas de “Potencialidade dos Materiais Inconsolidados à Recarga dos Cursos D'Água” e “Potencialidade da Declividade à Recarga dos Cursos D'Água”, obteve-se o mapa das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'água das BHCBVT. Este mapa foi compartimentado em quatro classes que representam os diferentes graus de potencialidade natural à recarga da área estudada: muito alto potencial natural, alto potencial natural, médio potencial natural e baixo potencial natural (Tabela 20 e Mapa 15).

Tabela 20 – Área ocupada pelas classes de Potencial Natural à Recarga dos Cursos D'Água das BHCBVT.

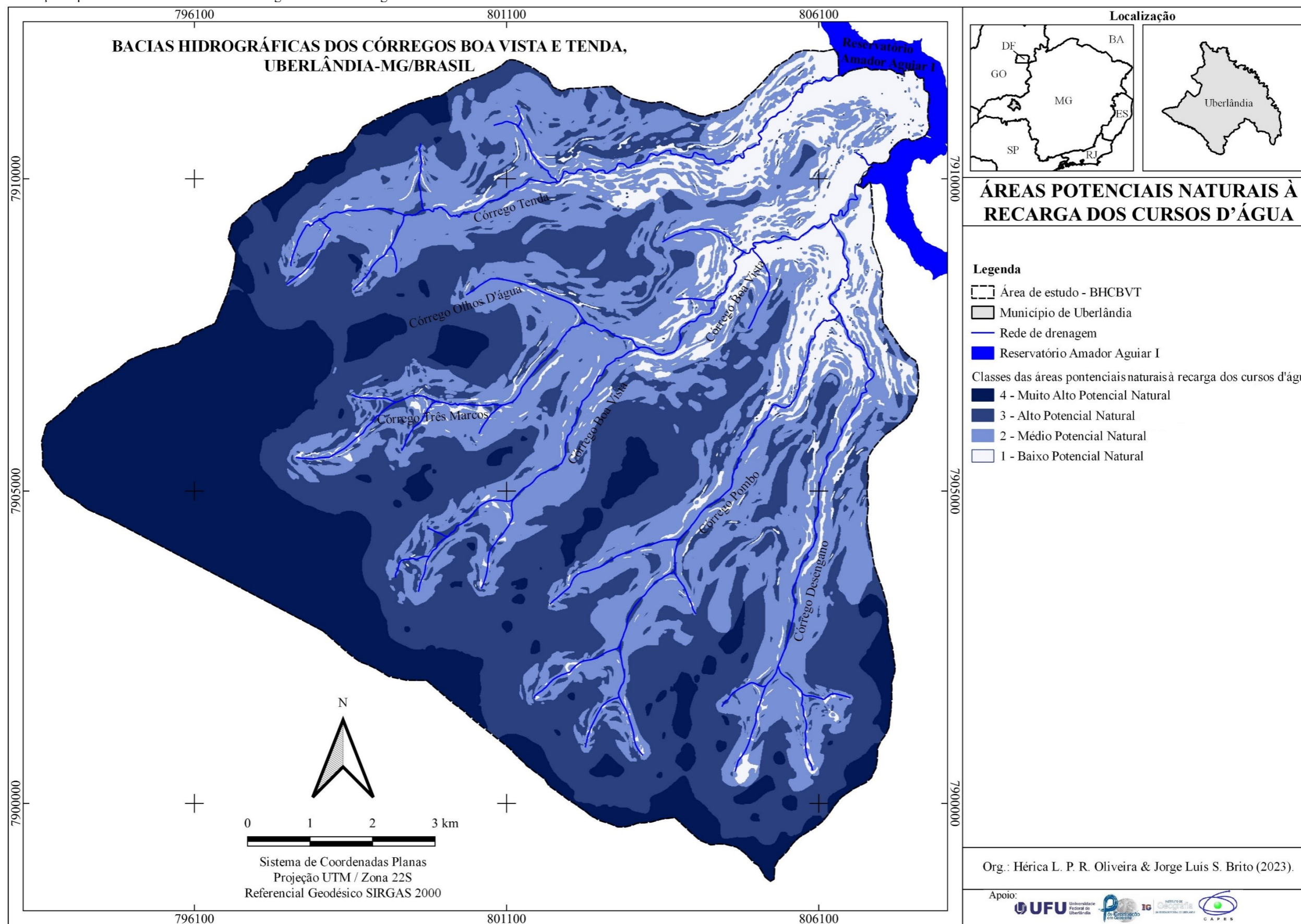
| Graus / Classes de Potencialidade natural: ÁREAS POTENCIAIS NATURAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA | Área ocupada | |
|---|-------------------------|------------|
| | (km²) | (%) |
| 4 – Muito Alto Potencial Natural | 23,40 | 20,00 |
| 3 – Alto Potencial Natural | 43,84 | 37,47 |
| 2 – Médio Potencial Natural | 35,81 | 30,61 |
| 1 – Baixo Potencial Natural | 13,94 | 11,92 |
| Total | 116,99 | 100 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

A classe “muito alto potencial natural à recarga dos cursos d'água” abrange 20% da área estudada e corresponde a 23,40 km². São áreas com declividades menores que 3%, constituídas pelos materiais inconsolidados denominados “Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica”, derivados da cobertura cenozóica e provenientes da cobertura de chapada, e os “Residuais da Cobertura detrítico-laterítica”.

A classe “alto potencial natural à recarga dos cursos d'água” abrange 37,47% da área total das BHCBVT, sendo a classe predominante. Correspondem a áreas constituídas pelos MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; e Hidromórficos, com declividades < 3%. Compreende também áreas com declividades de 3% a 6%, constituídas pelos MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica; Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; e Residuais da Formação Serra Geral.

Mapa 15 – Distribuição espacial das Áreas Potenciais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbvt.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

As classes de muito alto potencial natural à recarga dos cursos d'água e alto potencial natural à recarga dos cursos d'água, somadas, ocupam 57,47% da área total das BHCBVT, correspondendo a 67,24 km². Nestas classes, estão presentes os materiais inconsolidados com espessuras superiores a 2 metros, podendo ultrapassar 10 metros, predominando na classe textural média (15% a 30% de argila), com aumento na porcentagem de areia ao longo do perfil, no sentido descendente. Seguem-se as classes texturais argilosa (30% a 60% de argila), com alto teor de areia, e arenosa (0% a 20% de argila). Suas declividades são inferiores a 6%, caracterizando um relevo plano composto principalmente por topos planos e áreas embaciadas, além de terrenos planos a suavemente ondulados, com maior espessura de material inconsolidado.

Nestas duas classes de potencial natural à recarga dos cursos d'água estão localizadas as áreas de contribuição da maioria das nascentes de água da área estudada. Tais nascentes são difusas²⁰ (ocorrem afloramentos em vários pontos da superfície, apresentando-se como uma área brejosa – hidromorfismo – não sendo possível definir um único ponto) e possuem fluxo perene²¹, pois não secam durante o ano, mesmo apresentando visualmente redução significativa em seu fluxo d'água na estação seca.

Nessas condições, as classes denominadas “muito alto potencial natural à recarga” e “alto potencial natural à recarga” representam as áreas propícias no processo de recarga dos cursos d'água, pois são áreas de relevo de topo plano com locais embaciados e terrenos com inclinações suaves onduladas associados a materiais inconsolidados de grandes espessuras, predominando texturas arenosas e médias com maior teor de areia.

Quanto menor for a declividade de uma área, menor será o escoamento superficial e maior será a infiltração de água no solo (Menezes, 2007; Melo Neto *et al.*, 2013). Nesse sentido, as declividades menores da área de estudo, associadas a tipos de MI com espessuras maiores e classes texturais denominadas “arenosa” e “média”, favorecem a recarga dos cursos d'água, pois são formados a partir da exfiltração de nascentes d'água, as quais são abastecidas pelos lençóis freáticos por meio do processo da recarga subterrânea integrada ao ciclo da água.

A classe “médio potencial natural à recarga dos cursos d'água” representa 30,61% nas BHCBVT, correspondendo a 35,81 km², sendo a segunda maior área de ocupação. Compreendem essa classe as áreas com declividades de 3% a 6%, associadas aos MI como: Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da

²⁰ Difusas: conceito de exfiltração dado por Fellipe (2009);

²¹ Perene: definição de sazonalidade exposta por Valente e Gomes (2005).

Cobertura detrítico-laterítica; e Hidromórficos. Além destes, estão presentes também os MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; Retrabalhados da Formação Serra Geral; Residuais da Formação Serra Geral; Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; e Residuais da Cobertura detrítico-laterítica, sob declividades de 6% a 12% de inclinação.

Assim, na classe médio potencial natural à recarga dos cursos d'água estão os MI que possuem espessuras inferiores a 2 metros e superiores a 5 metros, em declividades que variam de 3% a 12%. Predominam nesta classe os MI com maior teor de argila (classe textural argilosa), seguidos pela classe textural média (15% a 30% de argila), inseridos sobre relevo medianamente dissecado, de acordo com a classificação do relevo feita por Baccaro (1989; 1991).

As áreas consideradas como “baixo potencial natural à recarga dos cursos d'água” ocupam a menor porção das BHCVT, 11,92%, o que corresponde a 13,94 km². Nessas áreas estão presentes os MI: Residuais de Pequena Espessura Embasamento Cristalino; e Residuais do Embasamento Cristalino, associados às classes de declividade de 3% a 6%; 6% a 12%; e superior a 12%. Também estão presentes os MI: Residuais de Pequena Espessura Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura da Cobertura detrítico-laterítica; e Hidromórficos, com declividades de 6% a 12% e superiores a 12%. Os MI: Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica; Residuais da Cobertura detrítico-laterítica; Retrabalhados da Cobertura detrítico-laterítica e Serra Geral; e Residuais da Formação Serra Geral estão presentes nesta classe e associados às declividades superiores a 12%.

Contudo, predominam na classe “baixo potencial natural à recarga dos cursos d'água” declives fortes e mais acentuados (declividades superiores a 12%), típicos do relevo intensamente dissecado, e MI com espessuras inferiores a 2 metros, de textura argilosa com a presença de seixos e pedregulhos, e arenosa micácea com fragmentos rochosos.

4.4 Cenários ambientais das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda - BHCBVT

4.4.1 Infiltração da água no solo na área das BHCBVT

A verificação da capacidade de infiltração da água é de grande relevância em uma avaliação de recarga hídrica, e o tipo de cobertura do solo é determinante no processo de percolação da água. Diante disso, o uso da terra constitui uma das variáveis mais importantes para a recarga dos aquíferos que abastecem as nascentes e, conseqüentemente, os cursos d'água.

Nesse sentido, foram realizados ensaios de infiltração de água no solo em diferentes tipos de cobertura e uso da terra. Não foram feitos ensaios nas áreas com cobertura vegetal nativa representada por mata ciliar e mata de galeria, devido à dificuldade de liberação de acesso às áreas, uma vez que esses tipos de vegetação geralmente encontram-se no interior das propriedades.

Valores típicos de permeabilidade do solo foram estimados em vários estudos, como o realizado por Gomes (1996). Ele classificou os latossolos e argissolos (textura argilosa ou argilo-arenosa) como solos permeáveis e considerou a influência de algumas propriedades físicas do solo nos potenciais de infiltração e escoamento superficial da água, bem como na estimativa da condutividade hidráulica (alta = $3,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s a $6,9 \cdot 10^{-3}$ cm/s; média = $6,9 \cdot 10^{-4}$ cm/s a $3,4 \cdot 10^{-3}$ cm/s; e baixa = $6,9 \cdot 10^{-5}$ cm/s a $6,9 \cdot 10^{-4}$ cm/s).

Costa et al. (2007) com base em Vargas (1984) distinguiram que as áreas que apresentam Alto Coeficiente de Permeabilidade são aquelas ocupadas pela mata ciliar, com valores da ordem $6,3 \cdot 10^{-2}$ cm/s; o Médio Coeficiente de Permeabilidade apresenta valores entre $4,2 \cdot 10^{-2}$ cm/s e $4,5 \cdot 10^{-2}$ cm/s, em áreas ocupadas por cerrado e reflorestamento; e o Baixo Coeficiente de Permeabilidade representa as áreas ocupadas por pastagem e cultura anual, que apresentaram valores entre $1,0 \cdot 10^{-2}$ cm/s e $1,34 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

Soares (2008), com base em Gomes (1996) e Costa et al. (2007), estimou valores para os coeficientes de permeabilidade da sua área de estudo (bacia do alto Uberabinha). Assim, as classes de solo que apresentaram coeficiente de permeabilidade maior que 10^{-3} cm/s foram enquadradas como de alta permeabilidade; aquelas que apresentaram coeficiente de permeabilidade de 10^{-4} cm/s foram consideradas como de média permeabilidade; e as categorias que apresentaram coeficientes de permeabilidade menores que 10^{-4} cm/s foram consideradas como de baixa permeabilidade.

Silva (2014) considerou os coeficientes de permeabilidade de 10^{-3} cm/s como alta permeabilidade; coeficientes de permeabilidade entre 10^{-4} cm/s e 10^{-5} cm/s como média permeabilidade; e os coeficientes de permeabilidade de 10^{-6} cm/s como baixa permeabilidade.

A partir dos valores típicos de permeabilidade do solo mencionados acima, foram estimados os coeficientes de permeabilidade das BHCBVT. Assim, as categorias de solo que apresentaram coeficiente de permeabilidade maior que 10^{-2} cm/s foram enquadradas como de muito alta permeabilidade (MA); aquelas que apresentaram coeficiente de permeabilidade na ordem de 10^{-3} cm/s foram classificadas como de alta permeabilidade (A); as que apresentaram coeficiente de permeabilidade na ordem de 10^{-4} cm/s foram consideradas de média permeabilidade (M); aquelas que apresentaram coeficiente de permeabilidade entre 10^{-5} cm/s a 10^{-6} cm/s foram classificadas como de baixa permeabilidade (B); e as que apresentaram coeficiente de permeabilidade menores que 10^{-7} cm/s foram enquadradas como de muito baixa permeabilidade (MB) (Tabela 21).

Os solos ocupados por cobertura vegetal nativa (Cerradão e Sentido Restrito) apresentaram valores de coeficientes de permeabilidade que se enquadraram como alta permeabilidade nas duas profundidades de ensaio, exceto em dois pontos (n.º 27 e n.º 5). O primeiro ponto mencionado enquadrou-se na classe de alta permeabilidade na profundidade de 10 cm e de muito alta permeabilidade a 40 cm de profundidade, coincidindo com os aspectos naturais da área (vegetação em mata fechada com raízes profundas, ausência de compactação e solo com maior porcentagem de areia), o que influencia no processo de infiltração de água. Esses solos apresentam maior capacidade de infiltração devido à preservação da cobertura vegetal, à presença de matéria orgânica, serrapilheira e raízes. Já a média permeabilidade encontrada na profundidade de 10 cm no ponto n.º 5 pode estar relacionada às interferências antrópicas na área, onde se observa uma mata mais aberta. Nela, há vestígios de caminhos adentrando o interior da mata, presença de rede de transmissão elétrica e estradas de ligação que atravessam a mata de um lado ao outro, nos sentidos norte, sul, leste e oeste (Figuras 37 e 38).

Tabela 21 – Valores dos coeficientes de permeabilidade (k) encontrados nos diferentes tipos de usos do solo e classificação das classes de permeabilidade - Ensaios de infiltração da água com o Permeâmetro *Guelph* – BHCbVT.

| N.º Ponto | ENSAIOS DE PERMEABILIDADE | | | | | Coordenadas (UTM ²²) | |
|-----------|--|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------|
| | Cobertura e uso da terra / características | K (cm/s) a 10 cm de profundidade | Classes de permeabilidade | K (cm/s) a 40 cm de profundidade | Classes de permeabilidade | E | S |
| 27 | Cobertura Vegetal Nativa (Cerradão) | 1.5*10 ⁻³ | Alta | 2.9*10 ⁻² | Muito Alta | 800386 | 7911520 |
| 2 | Cobertura Vegetal Nativa (Cerradão) | 2.0*10 ⁻³ | Alta | 2.6*10 ⁻³ | Alta | 803275 | 7900496 |
| 3 | Pastagem (Braquiária) | 1.4*10 ⁻³ | Alta | 1.9*10 ⁻³ | Alta | 803265 | 7901558 |
| 7 | Hortifruticultura (Bananal) | 2.3*10 ⁻³ | Alta | 1.5*10 ⁻³ | Alta | 800844 | 7905371 |
| 11 | Cobertura Vegetal Nativa (Cerradão) | 2.4*10 ⁻³ | Alta | 3.5*10 ⁻³ | Alta | 806494 | 7901980 |
| 12 | Cobertura Vegetal Nativa (C. Sentido Restrito) | 3.3*10 ⁻³ | Alta | 2.3*10 ⁻³ | Alta | 804396 | 7899628 |
| 13 | Cobertura Vegetal Nativa (Cerradão) | 2.5*10 ⁻³ | Alta | 1.8*10 ⁻³ | Alta | 804211 | 7901510 |
| 14 | Pastagem (Braquiária) | 1.2*10 ⁻³ | Alta | 1.3*10 ⁻³ | Alta | 804580 | 7901866 |
| 16 | Silvicultura (Eucalipto) | 6.2*10 ⁻³ | Alta | 1.9*10 ⁻³ | Alta | 807191 | 7903089 |
| 20 | Pastagem (Braquiária) | 1.4*10 ⁻³ | Alta | 2.2*10 ⁻³ | Alta | 801865 | 7908392 |
| 33 | Cobertura Vegetal Nativa (C.Sentido Restrito) | 7.4*10 ⁻³ | Alta | 4.2*10 ⁻³ | Alta | 796099 | 7904353 |
| 24 | Hortifruticultura (Chuchu) | 1.1*10 ⁻³ | Alta | 4.5*10 ⁻⁸ | Muito baixa | 805117 | 7910915 |
| 5 | Cobertura Vegetal Nativa (Cerradão) | 7.5*10 ⁻⁴ | Média | 3.6*10 ⁻² | Muito Alta | 801572 | 7903701 |
| 30 | Hortifruticultura (Abacate) | 5.4*10 ⁻⁴ | Média | 2.4*10 ⁻² | Muito Alta | 798667 | 7910343 |
| 8 | Agricultura (Milheto) | 1.2*10 ⁻⁴ | Média | 1.4*10 ⁻³ | Alta | 798475 | 7904964 |
| 6 | Pastagem (Braquiária) | 2.7*10 ⁻⁴ | Média | 1.4*10 ⁻³ | Alta | 800965 | 7904609 |
| 17 | Pastagem (Braquiária) | 8.6*10 ⁻⁴ | Média | 1.7*10 ⁻³ | Alta | 801506 | 7906095 |
| 18 | Pastagem (Braquiária) | 8.3*10 ⁻⁴ | Média | 2.1*10 ⁻³ | Alta | 802169 | 7907575 |
| 19 | Hortifruticultura (Chuchu) | 7.8*10 ⁻⁴ | Média | 1.3*10 ³ | Alta | 802125 | 7907876 |
| 22 | Agricultura (Café) | 9.9*10 ⁻⁴ | Média | 2.5*10 ⁻³ | Alta | 799471 | 7908125 |
| 25 | Agricultura (Capim Açú) | 5.9*10 ⁻⁴ | Média | 2.1*10 ⁻³ | Alta | 802022 | 7910511 |
| 28 | Área Urbanizada (Terreno vago) | 3.7*10 ⁻⁴ | Média | 2.5*10 ⁻³ | Alta | 795481 | 7906274 |
| 32 | Pastagem (Braquiária) | 6.7*10 ⁻⁴ | Média | 3.1*10 ⁻³ | Alta | 797485 | 7905787 |
| 1 | Agricultura (Milheto) | 1.2*10 ⁻⁴ | Média | 7.2*10 ⁻⁴ | Média | 802409 | 7900072 |

Continua

²² Coordenada UTM no fuso 22 sul e referência Geodésica SIRGAS 2000.

Continuação

| | | | | | | | |
|----|---|---------------|-------------|---------------|-------|--------|---------|
| 9 | Pastagem (Braquiária) | $3.7*10^{-4}$ | Média | $7.8*10^{-4}$ | Média | 806584 | 7900308 |
| 23 | Pastagem (Braquiária) | $1.9*10^{-4}$ | Média | $1.9*10^{-4}$ | Média | 801591 | 7909909 |
| 29 | Agricultura (Milheto) | $2.7*10^{-4}$ | Média | $4.8*10^{-4}$ | Média | 796838 | 7908512 |
| 31 | Agricultura (Milho) | $7.1*10^{-4}$ | Média | $4.6*10^{-4}$ | Média | 803068 | 7909011 |
| 34 | Pastagem (Braquiária) | $3.2*10^{-4}$ | Média | $5.6*10^{-4}$ | Média | 802412 | 7902709 |
| 52 | Hortifruticulturas (Hortaliça) | $1.3*10^{-4}$ | Média | $1.7*10^{-4}$ | Média | 801725 | 7904961 |
| 10 | Agricultura (Milheto) | $2.7*10^{-5}$ | Baixa | $4.0*10^{-4}$ | Média | 806538 | 7900293 |
| 26 | Agricultura (Milheto) | $1.3*10^{-7}$ | Muito baixa | $1.7*10^{-3}$ | Alta | 801341 | 7911691 |
| 35 | Agricultura em Pivô (Soja -Pivô Central) | $4.5*10^{-7}$ | Muito baixa | $1.3*10^{-3}$ | Alta | 805241 | 7907463 |
| 4 | Agricultura em Pivô (Soja - Pivô Central) | $4.5*10^{-8}$ | Muito baixa | $2.5*10^{-4}$ | Média | 803697 | 7905469 |
| 21 | Agricultura (Milho) | $4.5*10^{-8}$ | Muito baixa | $7.2*10^{-4}$ | Média | 799948 | 7908038 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

Figura 37 – Vista da mata de Cerradão (Ponto n.º 27) – Imagem 04/22 (à esquerda) e 09/23 (à direita) – BHCbVT.



Fonte: Google Earth (2022 e 2023). Org.: A autora (2023).

Figura 38 – Vista da mata de Cerradão (Ponto n.º 5) – Imagem 04/22 (à esquerda) e 09/23 (à direita) – BHCbVT.



Fonte: Google Earth (2022 e 2023). Org.: A autora (2023).

Os solos da área ocupada pela silvicultura mostraram-se de alta permeabilidade nas duas profundidades amostradas, sendo mais permeáveis do que os solos utilizados na agricultura, tanto em culturas permanentes quanto temporárias. Nas culturas permanentes ou temporárias, os coeficientes de permeabilidade na profundidade de 10 cm enquadraram-se nas classes média, baixa e muito baixa, enquanto na profundidade de 40 cm, enquadraram-se nas classes alta e média.

Os valores de coeficientes de permeabilidade iguais ou inferiores a 10^{-5} cm/s foram encontrados em áreas de culturas temporárias, como milho, milheto e soja, onde ocorre o uso de plantadeiras, colheitadeiras e outros equipamentos agrícolas para o plantio, manejo e colheita, intensificando a compactação do solo e tornando-o mais impermeável nas camadas mais superficiais. Nas áreas com plantio de soja irrigada por pivô central e utilização de maquinário pesado, os valores de K foram ainda menores nos primeiros 10 cm (10^{-7} cm/s e 10^{-8} cm/s), conforme demonstrado na Tabela 21.

As áreas ocupadas por pastagem apresentaram coeficientes de permeabilidade enquadrados nas classes alta e média. Essas áreas estão cobertas por braquiária e alguns

pequenos arbustos e/ou árvores, o que influencia a boa capacidade de infiltração, provavelmente devido à cobertura do solo e ao sistema radicular propiciados pelos capins *Brachiara*. Além disso, visualmente, não abrigam uma grande quantidade de animais, o que resulta em menor compactação do solo e maior capacidade de infiltração. Nesse sentido, Vizzoto, Marchezan e Segabinazzi (2000) concluíram que o pisoteio de animais aumenta a densidade do solo, principalmente nos primeiros centímetros, reduzindo a porosidade e influenciando na taxa de infiltração de água no solo. Bell *et al.* (2011) afirmam que as consequências geradas pelo pisoteio de gado podem ser minimizadas ao evitar o pastoreio excessivo e manter uma cobertura vegetal adequada.

Conforme o mapeamento elaborado por Brito e Leal (2017) no município de Uberlândia, as áreas das BHCBVT apresentam pastagens de boa qualidade, com alta produtividade de biomassa e cobertura do solo acima de 80%, o que justifica os altos valores de coeficientes de permeabilidade encontrados nos ensaios realizados nessa classe de uso da terra na presente tese.

Ainda em relação às áreas de pastagem, os valores de coeficientes de permeabilidade encontrados nos pontos n.º 6, 17, 18 e 32 indicaram média permeabilidade na profundidade de 10 cm e alta permeabilidade na profundidade de 40 cm. Isso reflete os aspectos encontrados nas áreas: pastagem degradada e compactação do solo em alguns locais, evidenciados por trilhas de gado ou por instalação de equipamentos urbanos.

Nas áreas ocupadas por hortifruticulturas, os valores de coeficientes de permeabilidade a 10 cm de profundidade enquadraram-se nas classes alta e média permeabilidade, enquanto na profundidade de 40 cm, os valores foram identificados como muito alta, alta e média permeabilidade. Vale mencionar que o ponto n.º 24 apresentou uma mudança brusca na classe de permeabilidade, variando de alta para muito baixa permeabilidade. Essa variação está relacionada às características físicas do solo, bem como ao uso e manejo da área onde está localizado o ponto amostrado. Trata-se de uma área de plantio de chuchu irrigado por aspersão diariamente, sobre materiais inconsolidados de textura argilosa com alto teor de silte, os quais possuem espessuras inferiores a 2 metros (ResPESG), e não são utilizados maquinários em seu manejo, o que desfavorece a compactação do solo. Por possuírem frações finas, serem rasos e não compactados, eles retêm mais água nos primeiros centímetros. Com essas características, a água infiltra-se e permanece por mais tempo nas partículas finas do solo, fazendo com que os horizontes e as camadas desse solo fiquem saturados por água.

Na classe “área urbanizada”, o ensaio realizado no ponto n.º 28 (interior do bairro Morumbi) obteve valores de coeficiente de permeabilidade enquadrados nas classes média

permeabilidade (10 cm de profundidade) e alta permeabilidade (40 cm de profundidade). A área possui cobertura vegetal composta por braquiária, sobre os materiais inconsolidados de espessuras mais profundas e classe textural argilosa com alto teor de areia.

Ao comparar os valores de *k* nos diferentes usos do solo, constata-se que a camada superficial do solo constitui um empecilho à infiltração da água da chuva, favorecendo a diminuição da capacidade do solo de se infiltrar e aumentando o escoamento superficial.

4.4.2 Cenários Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT)

Na elaboração dos cenários potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água, deu-se ênfase aos tipos de uso da terra das BHCBVT, pois a cobertura vegetal nativa e as transformações antrópicas estão diretamente relacionadas à recarga hídrica, tanto pela configuração dos fragmentos plantados ou nativos quanto pelas construções humanas e suas localizações.

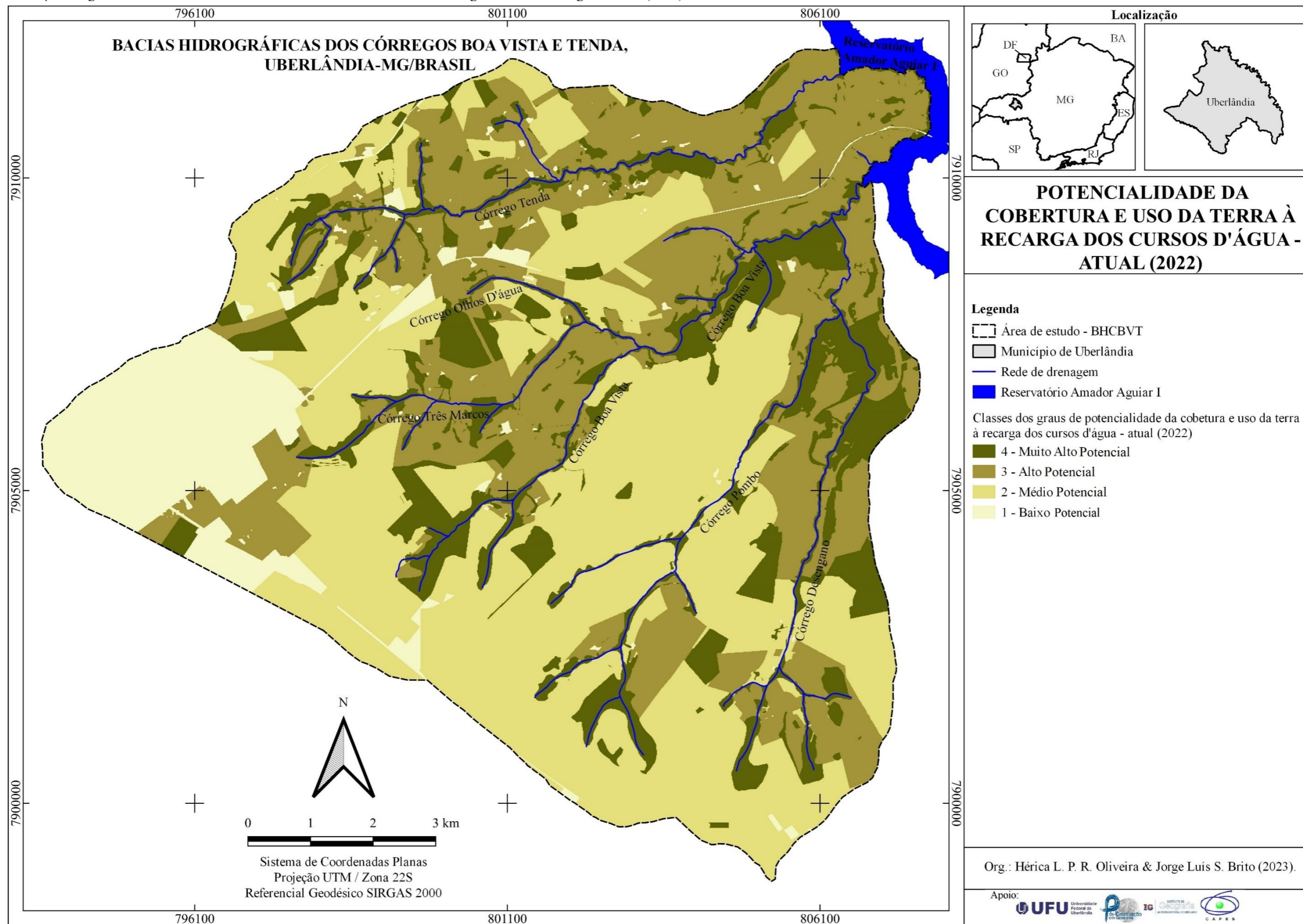
A cobertura vegetal e o uso da terra conferem um grau de proteção dos ambientes naturais, variando de muito alto a baixo potencial para a recarga dos cursos d'água. Os níveis muito alto e alto são atribuídos à cobertura vegetal que exerce a preservação de recursos naturais, favorecendo a infiltração das águas pluviais e influenciando o processo de recarga dos cursos d'água. Os graus médio e baixo são definidos pelo uso excessivo da terra, como elementos urbanos e agricultura, que envolvem o uso de maquinários pesados.

Nesse contexto, os cenários foram definidos conforme descrição contida no subitem 3.5.4.1 desta tese, e os resultando com graus/classes de Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água (Atual e Projetado) estão apresentados a seguir.

4.4.2.1 Potencialidade da cobertura e uso da terra à recarga dos cursos d'água

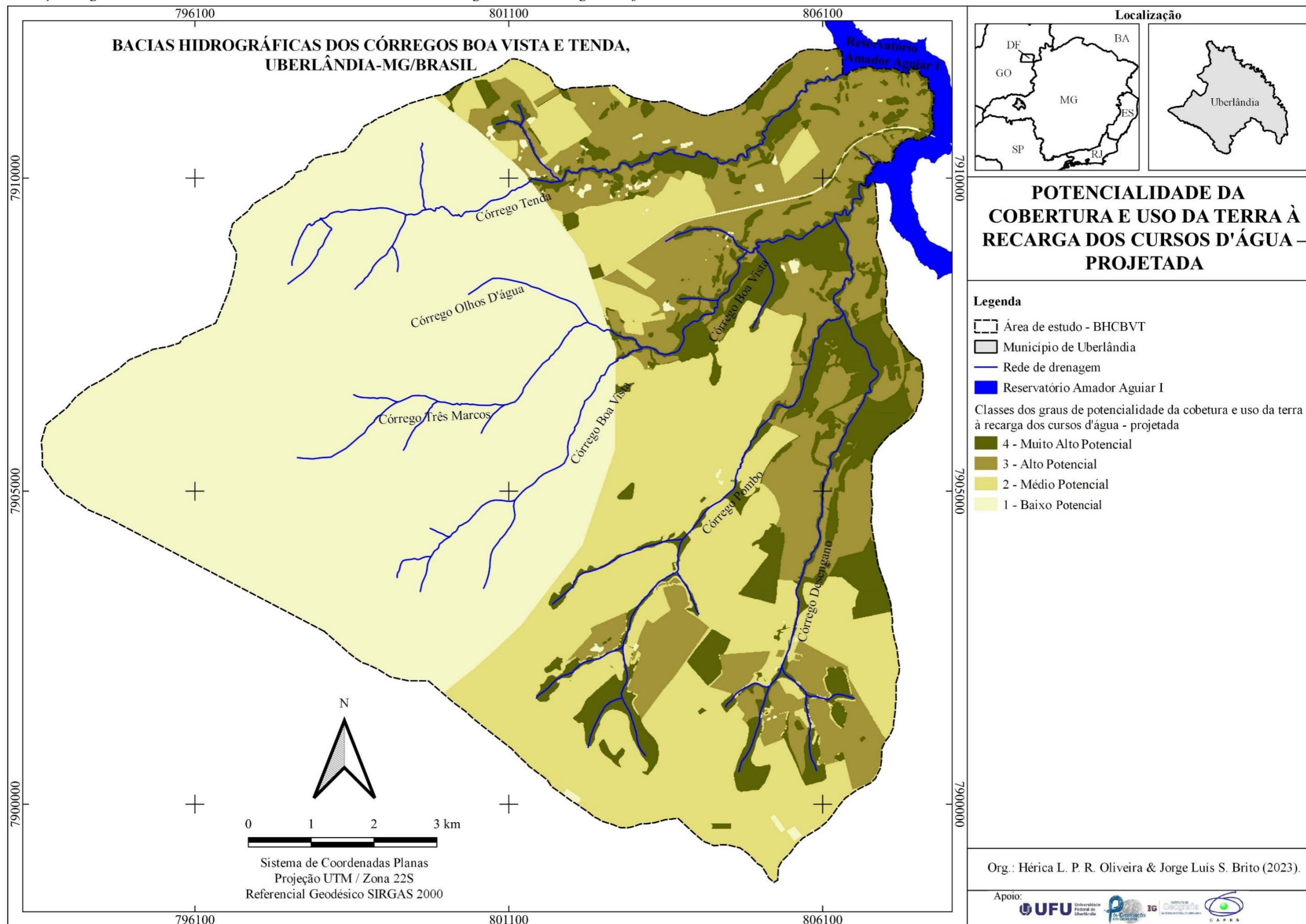
A distribuição espacial e a quantificação das áreas de Potencialidade da Cobertura e Uso da terra à Recarga dos Cursos D'Água (Atual e Projetada) estão apresentadas nos Mapas 16 e 17 e na Tabela 22.

Mapa 16 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água – Atual (2022) das BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Mapa 17 – Distribuição dos graus/classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água – Projetada das BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Tabela 22 – Área ocupada pelas classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbvt.

| Graus / Classes de Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água (ATUAL E PROJETADO) | Classes de Cobertura e uso da terra | Área ocupada | | | |
|---|--|--|------------|--|------------|
| | | Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água (ATUAL -2022) | | Potencialidade da cobertura e Uso da Terra à Recarga dos Cursos D'Água (PROJETADO) | |
| | | (km ²) | (%) | (km ²) | (%) |
| 4 – Muito Alto | Cobertura Vegetal Nativa (CVN); Silvicultura (SILV); Bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial (BDP) | 21,06 | 18,00 | 12,66 | 10,82 |
| 3 – Alto | Hortifruticultura (HORT); Pastagem (PAST) | 35,22 | 30,10 | 22,13 | 18,92 |
| 2 – Médio | Agricultura (AGRI); Agricultura em pivô (AGRI-P); Chácaras (CH) | 49,10 | 41,97 | 29,14 | 24,91 |
| 1 – Baixo | Mosaico de ocupações (MOS.OCUP); Área urbanizada (URBAN); BR/estradas/acessos pavimentados (BR) | 11,61 | 9,93 | 53,06 | 45,35 |
| Total | | 116,99 | 100 | 116,99 | 100 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

As classes de cobertura e uso da terra representadas por: Cobertura Vegetal Nativa; Silvicultura; e Bacias de Retenção/Detenção de Drenagem Pluvial foram classificadas como atributos que possuem muito alto potencial de recarga dos cursos d'água, ocupando 18% (21,06 km²) da área total da BHCbvt no mapeamento atual (2022) e 10,82% (12,66 km²) da área considerada no mapa de cobertura e uso da terra projetado.

As áreas compostas por hortifruticultura e pastagem foram classificadas como usos que possuem alto potencial de recarga dos cursos d'água, ocupando 30,10% (35,22 km²) da área total das BHCbvt, conforme o mapeamento da cobertura e uso da terra atual (2022) e 18,92% (22,13 km²) no mapeamento projetado para o uso da terra dessas bacias. Essas atividades antrópicas estão distribuídas por toda a área estudada em diferentes classes de declividades e materiais inconsolidados.

As classes “Agricultura” e “Agricultura em pivô”, bem como “Chácaras”, se enquadram como médio potencial de recarga dos cursos d'água, constituindo-se respectivamente de culturas de ciclo permanente (café) ou temporário (soja, milho, milho) com plantio direto ou convencional; temporárias irrigadas por pivô central; e chácaras espalhadas por vários locais da

área das BHCBVT. Ocupam 41,97% (49,10 km²) conforme levantamento do uso atual (2022) e 24,91% (29,14 km²), de acordo como o uso projetado.

A classe de baixo potencial à recarga dos cursos d'água é representada pelos usos “área urbanizada; mosaico de ocupações; e BR/estradas/acessos pavimentados”, ocupando 9,93% (11,61 km²) das BHCBVT, segundo o mapa de uso atual (2022). No mapeamento projetado de cobertura e uso da terra, essa classe ocupa 45,35% (53,05 km²), representando quase 50% da área estudada.

Observa-se, contudo, que as classes de potencialidade da cobertura e uso da terra à recarga dos cursos d'água, classificadas como muito alto e alto potencial, estarão presentes em apenas 28,92% da área total das BHCBVT, conforme o mapeamento de usos da terra projetado, o que representa uma redução de 20% nos tipos de uso mais favoráveis ao processo de recarga freática. Nessas duas classes estão inseridos alguns tipos de uso da terra que, de acordo com Crepani *et al.* (2001) e Bertoni e Lombardi Neto (2014), atuam como protetores dos solos, evitando o impacto direto das gotas de chuva, impedindo a formação de processos erosivos e aumentando a capacidade de infiltração da água no solo, entre outros benefícios.

4.4.2.2 Cenários Ambientais (atual e projetado) das BHCBVT – Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos d'água

Para a análise dos cenários ambientais atual e projetado referentes aos potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água da área estudada, foram consideradas as variáveis naturais que compuseram a identificação das Áreas Potenciais Naturais à Recarga dos Cursos D'Água e da Potencialidade da Cobertura e Uso da Terra (Atual / Projetada), resultando em dois mapeamentos: “Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais (2022) – CENÁRIO AMBIENTAL ATUAL (2022)” e “Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas – CENÁRIO AMBIENTAL PROJETADO”.

Ressalta-se que os tipos de cobertura e uso da terra que integram cada classe das áreas potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água são apresentados na descrição desta análise por siglas, conforme estão na Tabela 22 (mostrada anteriormente). Também são apresentadas também por siglas a declividade (Dec), os materiais inconsolidados (MI) e os tipos de MI, a saber: RetCDL; ResCDL; RetCDLSG; RetSG; ResSG; ResPESG; ResPECDL; H; ResPEGA; e ResGA.

A Tabela 23 apresenta a quantificação das áreas ocupadas por cada classe de potencialidade ambiental à recarga dos cursos d'água – Atual e Projetada, identificando as mesmas classes dos cenários ambientais - Atual e Projetado.

Tabela 23 – Quantificação das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbvt – Cenário Atual (2022) e Cenário Projetado.

| Graus / Classes de Potencialidade Ambiental: ÁREAS POTENCIAIS AMBIENTAIS À RECARGA DOS CURSOS D'ÁGUA | Área ocupada | | | |
|--|---|------------|---|------------|
| | Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Atuais (2022). CENÁRIO AMBIENTAL – Atual (2022) | | Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água – Projetadas. CENÁRIO AMBIENTAL - Projetado | |
| | (km ²) | (%) | (km ²) | (%) |
| 5 – Muito Alto Potencial Ambiental | 11,36 | 9,71 | 3,17 | 2,71 |
| 4 – Alto Potencial Ambiental | 28,30 | 24,19 | 14,02 | 11,98 |
| 3 – Médio Potencial Ambiental | 37,78 | 32,29 | 25,25 | 21,59 |
| 2 – Baixo Potencial Ambiental | 29,15 | 24,92 | 32,56 | 27,83 |
| 1 – Muito Baixo Potencial Ambiental | 10,40 | 8,89 | 41,99 | 35,89 |
| Total | 116,99 | 100 | 116,99 | 100 |

Fonte: A pesquisa. Elaborada pela autora (2023).

As áreas consideradas como de muito alto potencial ambiental à recarga dos cursos d'água, no cenário atual (2022), ocupam 9,71% (11,36 km²) da área total das BHCbvt, enquanto no mapeamento projetado, abrangerão apenas 2,71% (3,17 km²) da área total (ver Tabela 23). Essas áreas são ocupadas, tanto em 2022 quanto no cenário projetado, pelos usos CVN e SILV, associados ao muito alto potencial natural (Dec < 3% e tipos de MI: RetCDL, ResCDL) e ao alto potencial natural (Dec < 3% de Dec e materiais inconsolidados: RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECdL, H e Dec 3% a 6% com MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG). As BDP (Bacias de retenção/detenção drenagem pluvial) estão inseridas em terrenos com declividades de 3% a 6%, anexas aos Residuais da Cobertura detritico-laterítica. Predominam nessa classe de potencialidade ambiental os tipos de MI que possuem espessuras superiores a 5 metros, podendo chegar a 20 metros. Esses materiais contêm texturas que variam de arenosa a muito argilosa, predominando as classes texturais arenosa e média, com considerável aumento de areia ao longo o perfil.

Observa-se, na classe de muito alto potencial, que a cobertura vegetal nativa remanescente, de certa forma, auxilia na proteção do solo e conseqüentemente na recarga hídrica, por estar localizada em áreas de topo plano e nas margens dos cursos d'água.

As áreas de alto potencial ambiental à recarga dos cursos d'água apresentam predominância de declividade entre 3% e 6%, com relevo plano suavemente ondulado e de MI compostos por classes texturais que variam de média a argilosa, originados do basalto. Conforme a Tabela 23, essa classe de potencial ambiental ocupa 24,19% (28,30 km²) da área total das BHCBVT no mapeamento atual (2022), associada às atividades antrópicas: AGRI, AGRI-P, CH com muito alto potencial natural (Dec < 3% e MI: RetCDL, ResCDL); HORT e PAST com alto potencial natural (Dec < 3% a 6% com RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, e Dec 3% a 6% com MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG); CVN, SILV e BDP com médio potencial natural (Dec 3% a 6% com ResPESG, ResPECDL, H, e Dec 6% a 12% com RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, RetCDL, ResCDL).

No mapeamento projetado, a classe de alto potencial ambiental à recarga hídrica ocupará 11,98% (14,02 km²) da área total das bacias (Tabela 23), sendo representada por todos os usos da terra mencionados, bem como suas declividades e tipos de materiais inconsolidados, com exceção do uso denominado “CH”, incorporado à área de expansão urbana.

Nas áreas de muito alto e alto potencial ambiental à recarga, conforme mencionam Bertoni e Lombardi Neto (2014), o relevo mais plano favorece a infiltração da água no solo. Isso confere às superfícies inseridas na classe de declividade < 3% associadas aos tipos de materiais inconsolidados (RetCDL, ResCDL) das BHCBVT uma propensão ao processo de infiltração de água. Segundo De Sousa (2019), solos de textura média são eficientes na recarga e na manutenção de água, enquanto Palmieri e Larach (2003) enfatizam que a drenagem interna dos solos varia também com as condições topográficas.

A classe de médio potencial ambiental à recarga dos cursos d'água, no cenário atual (2022), ocupa 32,29% (37,78 km²) da área total das BHCBVT (ver Tabela 23), enquanto no mapeamento projetado, abrangerá 21,59% (25,25 km²) da área total. Essas áreas têm relevo com declividades variando de < 3% a 12% de inclinação e são compostas por MI formados a partir dos sedimentos da cobertura cenozoica e dos basaltos da Formação Serra Geral, com espessuras variadas (< 2 m a 20 m) e predominância de classe textural média. São ocupadas por AGRI, AGRI-P, CH em Dec < 3% associados aos MI: RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, e Dec 3% a 6% com os RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, além das atividades HORT e PAST associadas ao médio potencial natural (Dec 3% a 6% com MI: ResPESG, ResPECDL, H, e Dec 6% a 12% com RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, RetCDL, ResCDL). Esta configuração de ocupação é válida tanto para o cenário atual quanto para o projetado.

As áreas de baixo potencial ambiental à recarga dos cursos d'água ocupam 24,92% (29,15 km²) da área total das BHCBVT no cenário ambiental atual e ocuparão 27,83 % (32,56 km²) no cenário projetado (Tabela 23). São representadas pelos usos da terra, tanto no mapeamento atual quanto no projetado, como MOS.OCUP; URBAN; BR associadas a Decl < 3 e aos tipos de MI: RetCDL e ResCDL, predominantemente nas classes texturais arenosa e média, com grandes profundidades. As atividades humanas AGRI, AGRI-P, CH estão inseridas em declividades de 3% a 6% e 6% a 12%, respectivamente, associadas aos MI do tipo ResPESG; ResPECDL; H e RetCDLSG; RetSG; ResSG; RetCDL; ResCDL predominando as classes texturais média a argilosa.

As áreas de muito baixo potencial ambiental a recarga dos cursos d'água, no mapeamento atual (2022), ocupam 8,89% (10,40 km²) da área estudada e são compostas por diferentes usos da terra, níveis de declividade e tipos de MI:

- MOS.OCUP: associado a Decl < 3% com os tipos de MI: RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H; Dec 3% a 6% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA, ResGA; Dec 6% a 12% com RetCDLSG, RetSG, ResSG, RetCDL, ResCDL, ResPEGA, ResGA, ResPESG, ResPECDL, H; Dec > 12% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA, ResGA;
- URBAN: associado a Decl < 3% com os tipos de MI: RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H; Dec 3% a 6% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG;
- BR: associado a Decl < 3% com os tipos de MI: RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H; Dec 3% a 6% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG; Dec > 12% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA, ResGA;
- HORT, PAST, AGRI, AGRI-P, CH associados a Dec > 12% com os MI: RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA e ResGA.

No cenário projetado, essas áreas de muito baixo potencial ambiental à recarga dos cursos d'água manterão os usos descritos acima com as mesmas classes de potencial natural, porém com a inclusão da classe de uso da terra denominada URBAN, ou seja, área urbanizada. Essas áreas estarão associadas a Dec 3% a 6% com os MI: ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA, ResGA e Dec 6% a 12% com RetCDLSG, RetSG, ResSG, RetCDL, ResCDL, ResPEGA, ResGA, ResPESG, ResPECDL e H, além de Dec >12% com RetCDL, ResCDL, RetCDLSG, RetSG, ResSG, ResPESG, ResPECDL, H, ResPEGA, ResGA.

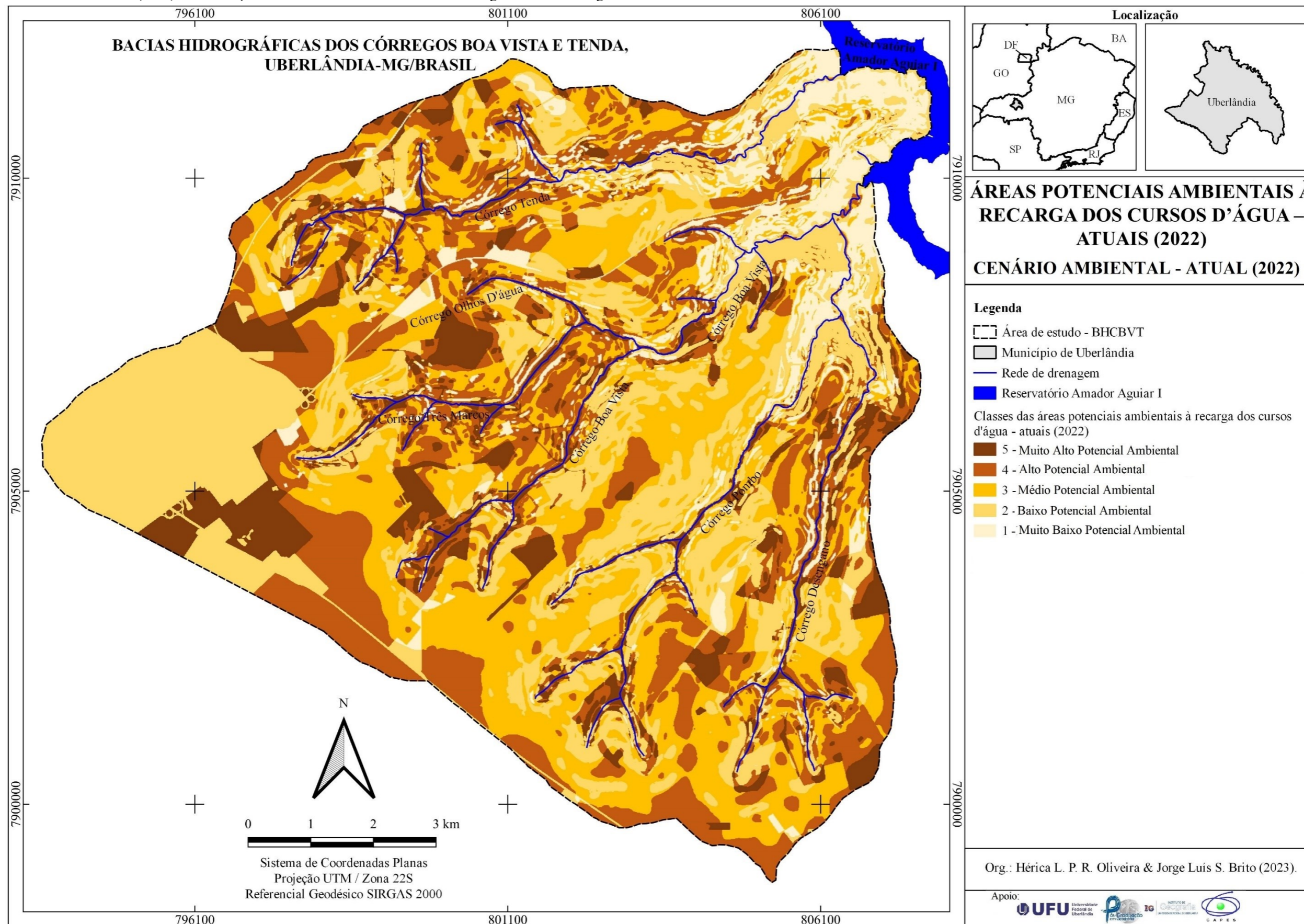
As classes de baixo e muito baixo potencial ambiental à recarga dos cursos d'água merecem atenção especial, pois, ao comparar os cenários atual e projetado, observar-se que:

- No cenário atual, essas classes são predominantemente representadas por declividades >12% e por MI Residuais de Pequena Espessura da Formação Serra Geral; Residuais de Pequena Espessura do Embasamento Cristalino; Residuais do Embasamento Cristalino com espessuras inferiores a 5 metros, principalmente inferiores a 2 metros, localizados entre o final do médio curso e o fim do baixo curso dos córregos das BHC BVT. Essas características naturais do relevo favorecem o aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, a redução da taxa de infiltração, o que, associado aos tipos de materiais inconsolidados presentes, não contribui para a recarga hídrica dos cursos d'água da área estudada.
- No cenário projetado, essas duas classes de potencial ambiental passarão a ocupar também áreas que favorecem mais o processo de recarga dos cursos d'água, que são as áreas de muito alto e alto potencial natural à recarga hídrica, as quais serão ocupadas pela urbanização.

Os Mapas 18 e 19 mostram a distribuição espacial das áreas potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água da área estudada, representando o Cenário Ambiental Atual (2022) e o Cenário Ambiental Projetado das BHC BVT.

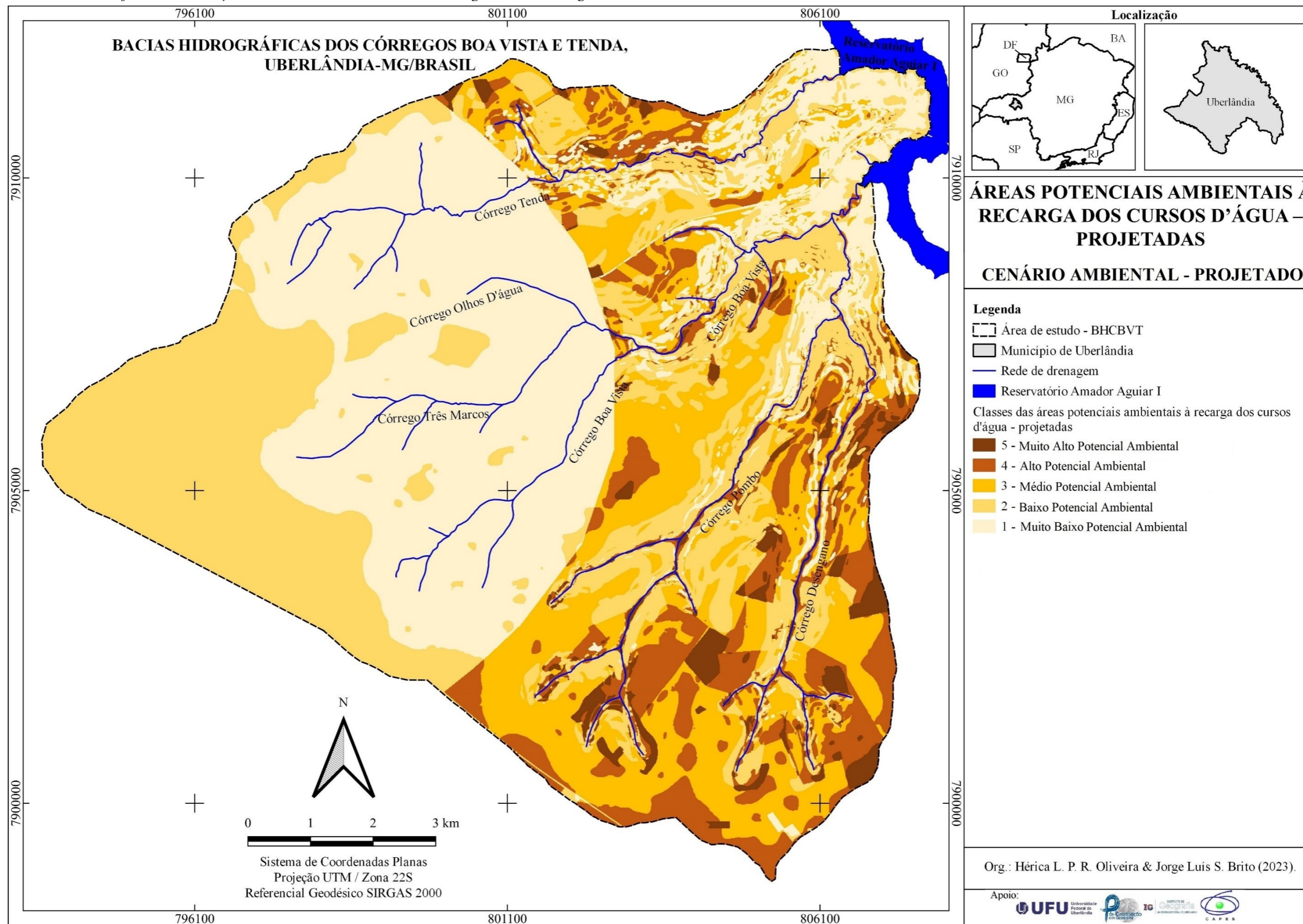
Ao comparar os cenários atual e projetado, observa-se que as ações antrópicas irão propiciar numa redução de 19,21% (22,47 km²) de áreas com grau de potencialidade de muito alto e alto potencial ambiental à recarga, as quais influenciam diretamente na recarga hídrica. Como consequência, haverá um aumento de 29,91% (35 km²) de áreas que se enquadraram como baixo e muito baixo potencial à recarga. Essas áreas, somadas, representarão 63,72 % da área total das BHC BVT, ou seja, dos 116,99 km² totais dessas bacias, 74,55 km² serão de baixíssima propensão à recarga hídrica (ver Gráfico 21; Tabela 23; e Mapas 18 e 19). A classe de potencialidade ambiental denominada médio potencial ambiental à recarga dos cursos d'água passará de 37,78 km² para 25,25 km², sofrendo uma redução de 12,53 km² (Gráfico 21).

Mapa 18 – Cenário Ambiental Atual (2022) – Distribuição das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHCbVT.



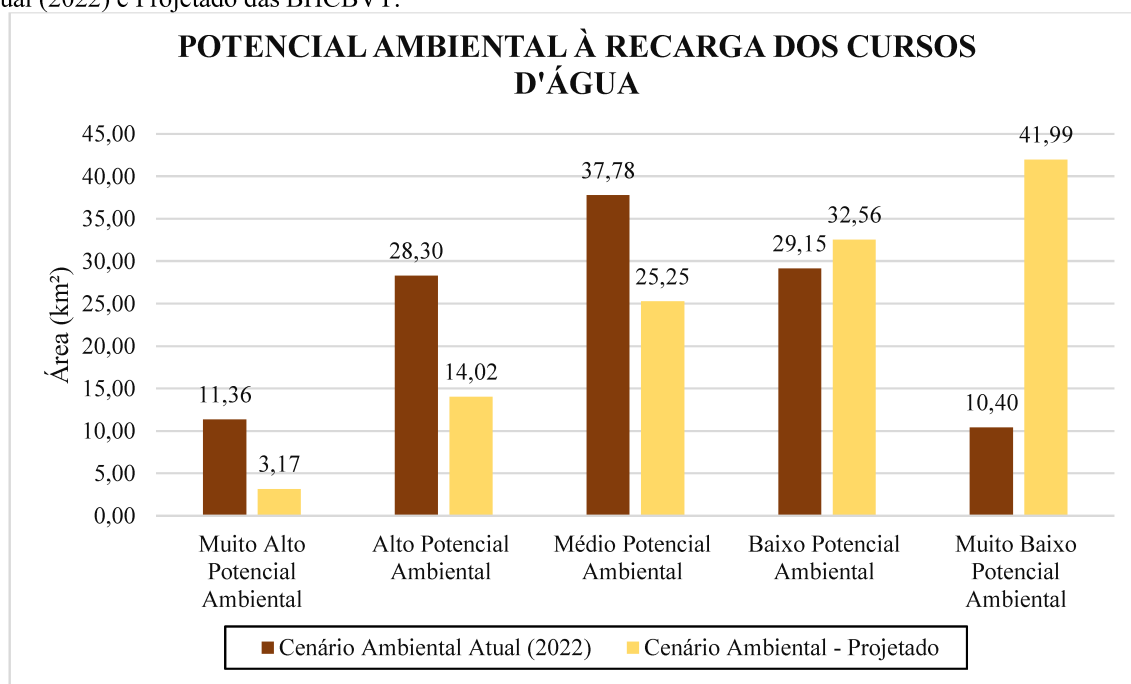
Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Mapa 19 – Cenário Ambiental Projetado – Distribuição das Áreas Potenciais Ambientais à Recarga dos Cursos D'Água das BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

Gráfico 21 – Comparação entre as classes de potencialidade ambiental à recarga dos cursos d’água nos Cenários Atual (2022) e Projetado das BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2023).

A classe de uso da terra denominada “área urbanizada” é o agente principal na diminuição da potencialidade ambiental à recarga hídrica, alterando a maioria das áreas que compõem as classes de muito alto, alto e médio potencial ambiental à recarga, as quais serão incorporadas às classes de baixo e muito abaixo potencial ambiental à recarga. Vale enfatizar que essa classe de uso do solo está projetada sobre as áreas de contribuição da maioria das nascentes da área estudada, com declividades que variam de <3% a 6%, predominantemente, e materiais inconsolidados com espessuras superiores a 5 metros e classes texturais que variam de arenosa a muito argilosa, com acréscimo do teor de areia ao longo do perfil

Os levantamentos de campo mostraram que nas BHCbVT, as classes de declividade e os tipos de materiais inconsolidados foram determinantes na ocorrência e distribuição de áreas que favorecem os processos de infiltração de água no solo. A maior porcentagem de declividades planas e também de suaves inclinações, associada aos materiais inconsolidados profundos e com boa drenagem, favorece a recarga dos aquíferos e conseqüentemente dos cursos d’água. Tais características das BHCbVT vão de encontro ao afirmado em estudos de Melo Neto, Chagas e Mélo Junior (2013); De Vargas *et al.* (2023), realizados em outras bacias hidrográficas.

Nas BHCbVT estão presentes os aquíferos Bauru e Serra Geral. O aquífero Bauru possui características de aquífero não confinado²³ associadas às camadas areno-argilosa, areno-conglomerática. O aquífero Serra Geral ocorre em condição semiconfinada²⁴ e se caracteriza como um aquífero do tipo fissural²⁵. O predomínio da cobertura detrítico-laterítica nas BHCbVT, representadas pelo sistema aquífero granular, favorece os processos de recarga do aquífero e, conseqüentemente, dos cursos d'água em razão da sua boa porosidade.

Vale ressaltar que a Cobertura detrítico-laterítica, constituída por materiais de textura arenosa contendo seixos e pedregulhos em posição sobrejacente ao substrato basáltico, caracteriza-se pela relativa capacidade de armazenamento de água proveniente da infiltração das águas pluviais. Outro aspecto importante no processo de recarga dos aquíferos é a presença da camada rudácea²⁶, a qual determina alta permeabilidade.

Nessas condições, a maioria das águas precipitadas infiltra-se através do solo e migra diretamente, alimentando sua zona saturada e provendo a vazão de água às nascentes dos córregos Desengano, Pombo, Boa Vista, Três Marcos, Olhos D'Água e Tenda (Figura 39).

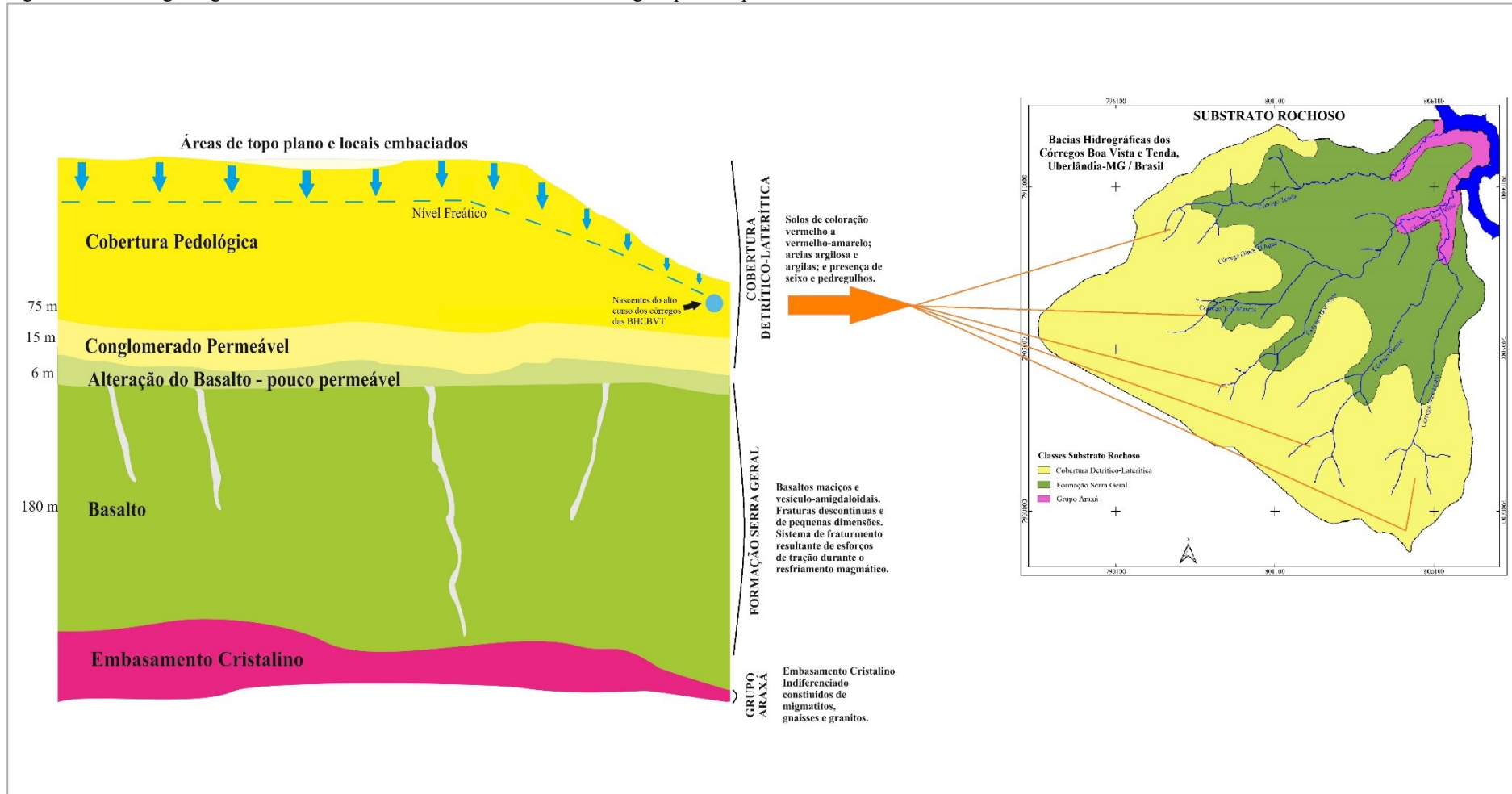
²³ Ou livre ou freático – é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. É uma formação geológica que contém água sob pressão podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas (Boscardin Borghetti *et al.*, 2004).

²⁴ Refere-se as condições do aquífero semiconfinado: é aquele que se encontra limitado na base, no topo, ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero em si. O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera. Secundariamente, esse fluxo se dá através das camadas semiconfinantes, à medida que haja uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobrejacentes (Boscardin Borghetti *et al.*, 2004).

²⁵ Formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. Ex.: basalto, granitos, gabros. A capacidade dessas rochas de acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água (Boscardin Borghetti *et al.*, 2004).

²⁶ Termo usado para indicar tipo de textura de rochas sedimentares - de granulação grossa – conglomerados (Guerra; Guerra, 2008).

Figura 39 – Perfil geológico da área de influência do alto curso dos córregos que compõem as BHCbVT– Uberlândia-MG.



Fonte: Elaborada pela autora (2023). A partir de Batezelli (2003).

4.5 Riscos e problemas ambientais nas bacias hidrográficas dos córregos Boa Vista e Tenda (BHCBVT)

Identificar os aspectos que possam vir a oferecer riscos e problemas ambientais tanto para a natureza quanto para o homem é necessário, pois favorece a compreensão do cenário atual das BHCBVT para a posterior tomada de decisões que levem à melhoria ambiental da área, visando à segurança hídrica.

Segundo a definição proposta pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico - OCDE (2013), a segurança hídrica está associada à gestão de risco. Nesse sentido, Tucci e Chagas (2017, p. 4) mencionam que

[...] a segurança hídrica é a gestão de quatro tipos de riscos: risco da escassez da falta de água para atender a demanda; risco da qualidade da água pela deterioração por contaminação dos sistemas hídricos; risco de excessos das inundações; e riscos da sustentabilidade de sistemas hídricos e ambientais. Portanto, inclui os três objetivos da gestão hídrica e adiciona a sustentabilidade ambiental.

Nesse contexto, são analisadas, nesta tese, as principais situações de risco encontradas nas BHCBVT, levando em consideração, principalmente aquelas que influenciam a disponibilidade hídrica, pois, de acordo com Dagnino (2007), tudo que vai parar nas águas é um reflexo das atividades que acontecem em toda a bacia hidrográfica.

Deste modo, inicia-se a abordagem dos riscos ambientais, mencionando a situação de risco que se configura em problemas, como no caso dos alagamentos ocorridos em uma porção das BHCBVT, onde está implantado o bairro Morumbi. Para isso, vale mencionar que, anterior à ocupação urbana neste local, havia feições denominadas regionalmente de “covoais”²⁷. A interpretação das fotografias aéreas de 1979, realizada por Oliveira (2012), possibilitou a identificação desses covoais em parte de uma das cabeceiras das BHCBVT, na cabeceira do córrego Três Marcos.

Áreas compostas por essas feições são essenciais para a regulação do regime hídrico, pois ocorrem em fisionomia de campo limpo do bioma Cerrado, a qual é composta por vegetação rasteira e arbustos que interferem na infiltração e recarga do nível freático (Queiroz,

²⁷ Covoais: são as áreas úmidas conhecidas também como campos de murundus, que são ecossistemas particulares do Cerrado, os quais permanecem temporária ou permanentemente alagados. São regiões com alta relevância ambiental devido a sua flora e fauna endêmicas, além de amortecer as variações hidrológicas e estocar carbono do solo (Rivani; Utsumi, 2023).

2012; Ramos *et al.*, 2014; Monteiro, 2019; Rivani; Utsumi, 2023). No entanto, foram substituídas pelas construções civis que compõem o bairro Morumbi.

Historicamente, a área do bairro Morumbi sofre com alagamentos desde a sua implantação, feita sobre uma superfície que apresenta uma suave depressão na porção central. A morfologia do terreno e o solo argiloso presentes no local dificultam a infiltração da água, gerando transtornos à população residente e entorno em decorrência dos alagamentos (Figuras 40 e 41).

Figura 40 – Vista parcial de ruas alagadas no bairro Morumbi em 2011.



Fonte: <http://megaminas.globo.com/2011/01/07> apud Oliveira (2012).

Figura 41 – Vista parcial de ruas alagadas no bairro Morumbi em 2019 (a esquerda) e 2023 (a direita).



Fonte: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2019/12/03/alagamentos-sao-registrados-durante-chuva-em-uberlandia.ghtml>. Foto: 2019 - Defesa Civil/Divulgação.

Fonte: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2023/02/13/temporal-causa-problemas-na-rede-hidraulica-e-cratera-precisa-ser-aberta-em-avenida-do-bairro-morumbi-em-uberlandia.ghtml> Foto: 2023 - Corpo de Bombeiros.

Buscando uma solução aos problemas de inundação no bairro Morumbi, primeiramente a Prefeitura Municipal de Uberlândia-PMU, em conjunto com Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia-DMAE, implantou um sistema de drenagem pluvial, direcionando as águas pluviais que caem sobre a superfície do bairro mencionado para bacias de retenção/detecção, as quais foram instaladas à margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos (Foto 45). Com o passar do tempo, os mesmos órgãos públicos citados implantaram um bolsão de contenção de água de chuva e redes de drenagem na própria área do bairro Morumbi, buscando reduzir alagamentos ocasionados por chuvas torrenciais (Foto 46).

Contudo, em relação aos alagamentos do bairro Morumbi, estes ainda ocorrem até os dias atuais, conforme pode ser observado nas figuras 40 e 41, já apresentadas. Tal situação, segundo Borges Moreira, Perez Filho e Di Mauro (2021), não está exclusivamente correlacionada a eventos de precipitações extremas. Esses autores constataram que mesmo ocorrendo chuvas com menor volume também desencadeiam o processo e consideraram a influência dos processos geomorfológicos na ocorrência das inundações no bairro.

Essa influência evidencia o papel das superfícies de aplainamento e seus depósitos correlativos, que possibilitaram a formação das coberturas superficiais argilosas que, por sua vez, permitem a ocorrência natural de alagamentos em depressões formadas por abatimentos geoquímicos condicionados por falhas na estrutura subjacente. Os alagamentos são acentuados pelas precipitações de intensidade elevada e impermeabilização do terreno. As chuvas de moderada ou alta intensidade com as características torrenciais funcionam como gatilho para desencadear os eventos de alagamento, que produzem prejuízos financeiros, à saúde e à qualidade de vida da população que reside no bairro (Borges Moreira; Perez Filho; Di Mauro, 2021, p. 21).

As causas dessa situação de alagamento foram mencionadas por Oliveira (2012), quem explicou que a impermeabilização de áreas com características físicas como as do bairro Morumbi impede a infiltração natural das águas das chuvas, fazendo com que essas águas não consigam atingir a zona freática saturada, o que justifica os alagamentos anuais no bairro Morumbi.

Del Grossi *et al.* (2010) apontam que a área onde o bairro Morumbi foi implantado não era apropriada para a construção de residências e ruas, pois se trata de uma área depressional onde a água da chuva se acumulava sazonalmente, formando uma lagoa temporária.

Vale ressaltar que, no bioma Cerrado, essas lagoas são comuns nos topos dos relevos tabulares. São áreas úmidas que promovem a recarga dos aquíferos subterrâneos e garantem a perenidade das nascentes e dos cursos d'água.

Foto 45 – Vista parcial das bacias de retenção/detenção da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi inseridas na margem direita da nascente do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2021).

Foto 46 – Bolsão do bairro Morumbi – BHCbVT.



Fonte: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/10/03/em-fase-de-conclusao-bolsao-do-morumbi-ja-beneficia-populacao-do-bairro-e-entorno-2/>. Foto: Danilo Henrique – Secretaria de Governo e Comunicação (2022).

Outro aspecto identificado nas BHCbVT como um grande problema na geração de riscos ambientais está relacionado às bacias de retenção/detenção da drenagem pluvial instaladas na margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos. Foi possível perceber, na primeira bacia, um odor fétido característico daquele sentido nas Estações de Tratamento de Esgoto (E.T.E). A água presente neste bolsão tem coloração preta e textura semelhante à do lodo. Esse “lodo” está presente em toda a área dessa bacia, mas é nos primeiros

dez metros após o ponto de entrada da drenagem pluvial no reservatório que se encontra a maior concentração desse material (Foto 47).

Foto 47 – Aspecto da água da primeira bacia que recebe as águas pluviais oriundas do bairro Morumbi: cor preta com espumas brancas e textura de lodo.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2020).

A cor e o odor podem estar relacionados ao possível lançamento de esgoto por meio de redes clandestinas ligadas ao sistema de drenagem pluvial.

No local onde estão instaladas as mencionadas bacias, na margem direita do ambiente da nascente de cabeceira do córrego Três Marcos, há processos erosivos e resíduos sólidos da construção civil tanto em voçoroca quanto dispostos no entorno delas. Vale mencionar que é um ambiente de nascentes difusas com fluxo perene que, de acordo com Valente e Gomes (2005); Faria (1997); Felipe (2009), é um lugar onde ocorrem afloramentos em vários pontos da superfície, apresentando-se como uma área brejosa (hidromorfismo). Não é possível definir um único ponto, e as nascentes não secam durante o ano, apesar de apresentarem uma redução significativa no fluxo d'água visualmente na estação seca (Figura 42).

Figura 42 – Vista parcial do ambiente de nascentes difusas no alto curso do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

As bacias de retenção/detenção da drenagem pluvial possuem um sistema de vertedor, que é um extravasor de água com a finalidade de evitar que as águas pluviais escoem por cima dos diques dessas bacias. Contudo, foi observado o rompimento de algumas delas, gerando erosão em sulcos e voçorocas (Fotos 48 e 49). Uma das voçorocas, formada após a ruptura de outra bacia, recebeu como medida de contenção o seu aterramento com vários tipos de resíduos sólidos. A outra voçoroca foi entulhada e cimentada, e ao final dela foram dispostos matacões com intuito de solucionar o problema (Figura 43). Contudo, as medidas adotadas para o controle das erosões, até o momento, não foram eficazes.

Foto 48 – Bacia de retenção/detenção – seta indica o rompimento dele com formação de erosão em sulcos – Margem direita C. Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2021).

Foto 49 – Voçoroca com água no seu interior – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2021).

Figura 43 – Voçoroca aterrada e depois cimentada – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2020; 2021; 2022).

No entanto, percebe-se que as tentativas de recuperação e contenção das voçorocas têm gerado outros problemas ambientais nas áreas de afloramentos. É perceptível o aumento do gradiente altimétrico, o que propicia maior velocidade ao escoamento superficial e, conseqüentemente, agrava os processos erosivos já instalados, bem como a formação de novas erosões (Figura 44). Além disso, nota-se que resíduos da construção civil, maticões e pneus utilizados para aterrar a voçoroca estão dispostos pela área onde estão localizadas as bacias, em direção ao centro das nascentes e do curso d'água (Figura 45).

Figura 44 – A: Erosão em sulcos; B: Erosão aspectos de ravinamento – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Figura 45 – A: Restos da cimentação da voçoroca rompida deixando amostra os resíduos da construção civil, pneus e matacões; B: Resíduos da construção civil (Postes de energia elétrica) – margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022).

Foram constatadas pessoas se banhando e utilizando esse ambiente de nascentes para o lazer. Neste local, feito pelas próprias pessoas que adentram clandestinamente a área, houve um aprofundamento no solo, formando um pequeno poço. Na margem deste poço, foi verificada uma estrutura representativa de uma pequena churrasqueira, feita com restos de tijolos e blocos de cimento. Nesta estrutura, estava presente carvão, evidenciando que ali foi realizado um churrasco, o que comprova que o local é utilizado para o lazer (Figura 46).

Figura 46 – Poço d'água formado em ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2020).

Mais uma evidência do uso antrópico na área é a presença de outros resíduos sólidos encontrados nas proximidades e no poço, como sacolas plásticas de supermercados, restos de comida, fraldas descartáveis, chinelos, entre outros. O cercado de arame instalado para dificultar o acesso ao ambiente brejoso está parcialmente destruído, e a entrada da área onde encontram-se as bacias retenção/detenção é de fácil acesso.

Constata-se, neste ponto, a alteração do gradiente da superfície, que antes mostrava-se uma área aplainada e atualmente apresenta uma queda d'água, formando assim um canal fluvial. Vale mencionar que é justamente nesta porção da cabeceira do córrego Três Marcos que está inserido o ponto inicial de um rego d'água que abastece várias propriedades que desenvolvem agricultura familiar, estimam-se mais de quarenta propriedades rurais. Este rego d'água transpõe águas de sua nascente para as bacias dos córregos Olhos D'Água e Tenda, cuja existência remonta ao século XIX, segundo informações dos moradores mais antigos da área. Ele percorre áreas da margem esquerda do córrego Três Marcos, atravessa sob a BR 365, na altura do bar Olhos D'Água, e segue até desaguar no baixo curso do córrego Tenda (Foto 50).

Foto 50 – Vista parcial do rego d'água no ponto da travessia da BR 465 (Uberlândia – Patrocínio) – BHCbvt.



Fonte: Acervo do Conselho Comunitário para o Desenvolvimento Rural da Região de Olhos D'Água – 2023.

Um problema recorrente é o rompimento desse rego na bacia do alto curso do córrego Três Marcos, em virtude da obstrução do seu canal por sedimentos carreados de uma área adjacente, onde ocorre o plantio agrícola, na maioria das vezes sem práticas de manejo do solo. Exemplo disso é o último episódio ocorrido em março de 2023, causado pela chuva torrencial ali precipitada (Fotos 51 e 52).

Diante disso, todo e qualquer impacto que venha a ocorrer nas nascentes de cabeceira do córrego Três Marcos, assim como nas áreas do entorno de seu percurso, gera riscos à qualidade das águas desse rego, bem como a possíveis contaminações decorrentes de acidentes com caminhões de cargas perigosas que trafegam pela BR 465 (Uberlândia / Patrocínio).

Foto 51 – Rego d'água assoreado/obstruído, na vertente esquerda do córrego Três Marcos - vista no sentido nascentes das cabeceiras desse córrego – BHCbVT.



Fonte: Acervo do Conselho Comunitário para o Desenvolvimento Rural da Região de Olhos D'Água (2023).

Foto 52 – Rego d'água assoreado/obstruído, na vertente esquerda do córrego Três Marcos - vista no sentido da foz do desse córrego – BHCbVT.



Fonte: Acervo do Conselho Comunitário para o Desenvolvimento Rural da Região de Olhos D'Água (2023).

As bacias de retenção/detenção de águas pluviais têm papel fundamental para solucionar problemas de alagamentos em áreas bastante planas e na recarga do aquífero local, pois as águas são direcionadas e contidas nessas lagoas, infiltrando-se lentamente no solo e proporcionando

o acúmulo de água, o que, conseqüentemente, recarrega o aquífero (Oliveira, 2012). Entretanto, a localização dessas bacias, às margens do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos, não é adequada, pois a maioria está inserida em área de preservação permanente e em superfícies com declividade acima de 6%, desprovidas de práticas permanentes de manejo do solo.

Outro fator agravante é que a área onde estão localizadas as bacias de retenção/detenção de drenagem pluvial, bem como as próprias bacias, não recebe manutenção periodicamente. Medidas são adotadas somente durante eventos chuvosos intensos, o que gera problemas nos corpos d'água devido ao aumento do escoamento superficial, intensificando os processos erosivos e o assoreamento do córrego. Geralmente, as medidas adotadas são pontuais e sazonais, ocorrendo apenas após os eventos.

Trata-se de uma área pública que vem sendo utilizada para a criação clandestina de bovinos e equinos. Observa-se o pisoteio do gado nas áreas de nascente e no entorno dos bolsões de infiltração (Fotos 53 e 54). Há também espécies de vegetação invasora predominando no entorno dessas bacias, e as erosões têm se acentuado em alguns pontos.

Foto 53 – Gado presente no entorno da 1ª bacia de retenção/detenção, onde chega a drenagem pluvial, instalada na margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCBVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2020).

Foto 54 – Gado pastando no entorno e dentro de uma das bacias de detenção/retenção da drenagem pluvial na margem direita do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2020).

A jusante do ambiente de nascentes da cabeceira do córrego Três Marcos, mais precisamente ao final do alto curso deste córrego, existe uma voçoroca que recebe diversos tipos de resíduos na tentativa de conter o processo erosivo, como resíduos orgânicos, latas de tinta, caixas plásticas e sacolinhas de supermercado (Figura 47).

Processos erosivos, que vão desde a erosão laminar até a formação de voçoroca, estão presentes em diversos locais espalhados pela área das BHCbVT, assim como a disposição inadequada de resíduos sólidos (Fotos 55, 56, 57, 58, 59 e 60).

Figura 47 – Voçoroca sendo aterrada com diversos resíduos sólidos, na margem direita do córrego Três Marcos, ao final de seu alto curso – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2022; 2023).

Foto 55 – Erosão laminar em plantação de milho na bacia do alto curso do córrego Desengano – BHCVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2022).

Foto 56 – Erosão em sulcos na agricultura em pivô na bacia do médio curso do córrego Pombo – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Foto 57 – Erosão em sulcos em área de pastagem na bacia do alto curso do córrego Tenda – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Foto 58 – Erosão em talude de barramento de corpo d’água na bacia do alto curso do córrego Tenda – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Foto 59 – Resíduos sólidos (caixas de papelão e galões de defensivos agrícolas) na bacia do alto curso do córrego Três Marcos – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Foto 60 – Diversos tipos de resíduos sólidos (garrafas pet, tijolos, madeira, folhas, sacos plásticos, roupas, ferragem) na bacia do baixo curso do córrego Tenda – BHC BVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

Percebe-se, contudo, modificações na paisagem, principalmente nas áreas de nascentes, onde já se observa o início de formação de canais fluviais devido aos processos erosivos resultantes da falta de manejo adequado do solo e também pela ausência de vegetação nas APPs. Essa modificação na estrutura da paisagem pode causar diversos problemas ambientais e, de acordo com Rodrigues *et al.* (2019), o uso inadequado e a ocupação do solo no entorno das áreas verdes são considerados impactos ambientais negativos. Segundo Ross (1994) e Choudhary, Singh e Kupriyanov (2018), o uso desordenado do solo tem causado degradação em diversos ambientes, o que não é diferente do que está ocorrendo na área estudada.

Os resíduos sólidos encontrados nas margens dos cursos d'água são também levados pelas enxurradas, visto que há deficiência na interceptação das águas pluviais nas áreas de cultivo e pastagem que estão a montante das nascentes. Há carência na implantação de técnicas de conservação do solo tanto durante a preparação do solo quanto após o plantio (Foto 61). Observa-se que os terraços são mal dimensionados, pois alguns estão interrompidos e há áreas desprovidas deles, o que gera processos erosivos nas glebas e o carreamento de sedimentos para os regos d'água e para as nascentes durante as chuvas, resultando no assoreamento dos canais fluviais.

Foto 61 – Área desprovida de terraceamento na vertente esquerda do córrego Três Marcos (bacia do alto curso) – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Acervo da autora (2023).

As constatações relacionadas às erosões mostram que as áreas das BHCbVT são vulneráveis à formação de processos erosivos quando associadas a práticas inadequadas ou à falta de manejo correto do solo.

Os processos erosivos presentes em uma determinada área indicam a vulnerabilidade ambiental do lugar, a qual está relacionada à erodibilidade do solo, ou seja, a capacidade que os solos têm de sofrer erosão, que está ligada às suas características físicas. Merten e Minella (2003) e Minella *et al.* (2007) afirmam que a erosão contribui para a redução da capacidade produtiva dos solos e afeta a qualidade dos recursos hídricos pelo aporte de sedimentos e nutrientes. No que diz respeito à área estudada, os processos erosivos também contribuíram para o assoreamento de corpos d'água.

Em várias APPs da área das BHCbVT, foram observados locais onde o gado tem acesso para beber água. Com isso, observa-se o pisoteio nas margens dos córregos, a degradação do solo (formação de processos erosivos) e o assoreamento (Figura 48).

As fossas negras existentes em algumas propriedades são vistas como um risco ambiental que pode contaminar o solo e a água. Esse tipo de fossa consiste em um buraco no solo sem impermeabilização, o que permite que os dejetos nela lançados infiltrem e percolam no solo até alcançar o lençol freático, contaminando a água.

Para Pereira Júnior *et al.* (2023, p. 41), “a construção de poços rasos junto a essas fossas representa graves riscos de contaminação por doenças de veiculação hídrica, sendo a maior responsável por internações de crianças em todo o mundo”.

Figura 48 – Amostra de acesso livre do gado às APPs. A: Córrego Pombo; B: Córrego Desengano – BHCbVT.



Fonte: A pesquisa. Fotos do acervo da autora (2023).

Diante desse quadro evidenciado nas BHCbVT, observa-se que os problemas identificados na paisagem da área, como alagamentos, erosões, supressão de vegetação, rompimento de bacias de detenção/retenção de drenagem pluvial, assoreamento de corpos d’água, disposição inadequada de resíduos sólidos e presença de animais em APP, podem ser as causas dos resultados encontrados nas análises da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais da área pesquisada.

Ressalta-se que a cor da água do córrego Três Marcos é a que obteve o maior valor entre os demais pontos amostrados nas BHCbVT, conforme demonstrado no subitem 4.2.1 desta tese, assim como o maior valor de turbidez. Essa coloração escura está relacionada à cor das

águas da primeira bacia de retenção/detenção e pode ser ocasionada pelo arraste de sedimentos para o corpo d'água, além da presença de substâncias dissolvidas na água. Isso é observado devido à deficiência na cobertura vegetal nativa em seu entorno e ao livre acesso do gado para se abastecer de água.

Não se sabe ao certo há quanto tempo resíduos sólidos são depositados nas erosões e em outras partes das BHCBVT, porém esse aspecto vem sendo observado há mais de dez anos pela autora da tese. Uma das voçorocas mencionadas, que está inserida ao final da bacia do alto curso do córrego Três Marcos, foi identificada em 2002 no mapeamento de evolução do uso e ocupação do solo realizado por Oliveira (2012), quando já estava aterrada com diversos resíduos sólidos. Sabe-se que as embalagens de tintas, defensivos, herbicidas, entre outros insumos agrícolas, são fontes de contaminação do solo e da água e podem estar contribuindo para a qualidade das águas superficiais e, ao longo do tempo, para a qualidade dos sedimentos fluviais.

A detecção de *Escherichia coli* nas águas superficiais em todos os pontos amostrados nas BHCBVT, com valores acima do limite máximo determinado pela Portaria n.º 888 do GM/MS de 2021 (ausência em 100 mL), evidencia riscos à saúde humana. Vale lembrar que águas captadas nos cursos d'água são utilizadas para o consumo humano, dessedentação de animais e irrigação de hortifruticulturas e agricultura.

Os valores de metais pesados encontrados nas amostras coletadas nos sedimentos fluviais, como Arsênio, Cobalto, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco, também representam riscos à humanidade.

De acordo com Veyret (2007), os impactos ocorridos na paisagem, como erosão acelerada, supressão de vegetação em locais proibidos, incêndios florestais, poluição da água, do ar e dos solos, são riscos decorrentes dos efeitos causados pela atividade humana, denominados de riscos antropogênicos. Assim sendo, os riscos à saúde humana são aqueles causados pelas atividades antrópicas, das quais o próprio homem é o causador e também sofre as consequências.

Ao compreender todos os aspectos mencionados, evidenciam-se os riscos da escassez da água e das inundações nas BHCBVT. Vale lembrar que a escassez hídrica pode ocorrer devido à quantidade e qualidade das águas (Tucci; Chagas, 2017) e, com isso, torna-se uma ameaça à segurança alimentar.

5 PROPOSIÇÕES PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Os resultados apresentados ao longo da tese compreendem partes integrantes de um sistema maior, alicerçado em pressupostos teórico-metodológicos que envolvem o planejamento ambiental. Esses resultados foram alcançados por meio de uma análise sistêmica, que inclui a avaliação das potencialidades e dos cenários ambientais, com possível aplicabilidade prática no planejamento ambiental voltado para a conservação dos recursos hídricos das BHCBVT e áreas análogas.

A circunstância atual e as perspectivas para os próximos anos requerem a urgente implementação de um projeto de urbanização, sobretudo no que se refere à Zona de Expansão Urbana. Com isso, o objetivo aqui é prognosticar um cenário que assegure a manutenção das condições mínimas para que o ambiente dessas bacias possa manter um equilíbrio e reduzir riscos.

Sendo assim, as proposições aqui descritas apresentam indicações de medidas e ações a serem implementadas nas BHCBVT em direção a um cenário ideal. Além disso, elas oferecem sugestões para um planejamento ambiental conservacionista.

5.1 Indicações de medidas e ações para as BHCBVT na perspectiva de um cenário ideal

Nesse sentido, as proposições também sugerem indicações de medidas e ações a serem adotadas nas BHCBVT, considerando os aspectos identificados como riscos ambientais, além de suas características naturais e antrópicas. Estas propostas são apresentadas neste estudo como alternativas para que essas bacias alcancem um cenário ideal de ecossistema equilibrado.

Vale lembrar que, embora o presente trabalho não tenha apresentado mapeamentos de áreas legalmente protegidas (Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e Reserva Legal), estradas não pavimentadas e regos d'água, foi possível, durante a realização dos trabalhos de campo, observar que:

- Em alguns pontos dos cursos d'água não há vegetação nativa em suas APPs. A maioria dessas áreas não tem proteção, o que acarreta diversos problemas como erosão nas margens, assoreamento, redução da calha do córrego e, conseqüentemente, diminuição da disponibilidade hídrica.
- Algumas estradas não possuem sistema de controle do escoamento superficial das águas pluviais, o que gera o carreamento de sedimentos diretamente para os cursos d'água; e

- Existem regos d'água que podem ser impactados pela falta de medidas de manejo do solo em áreas adjacentes.

Ross (2006) destaca que a adoção de práticas conservacionistas só se torna viável com um dimensionamento e esclarecimento mais precisos dos componentes naturais e dos limites da intervenção humana na natureza.

Diante do exposto, apresentam-se medidas e ações baseadas em preservação, recuperação e manejo para assegurar a conservação dos recursos hídricos das BHCBVT, bem como os níveis de prioridade de gestão e horizontes temporais, conforme demonstrados nos Quadros 14 e 15).

Quadro 14 – Níveis de prioridade de gestão e horizontes temporais para inserção das medidas e ações nas BHCBVT.

| Nível de prioridade de gestão | | Horizonte Temporal | |
|-------------------------------|------------|--------------------|-------------------------------|
| | Muito Alta | | Curtíssimo prazo (até 2 anos) |
| | Alta | | Curto prazo (até 4 anos) |
| | Média | | Médio prazo (até 6 anos) |
| | Baixa | | Longo prazo (até 8 anos) |

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2024) a partir de Rodriguez e Silva (2018); Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022); Trombeta (2015, 2019).

A incorporação de áreas sujeitas à restrição de uso do solo, com objetivo de proteger os recursos hídricos, deve ser estabelecida na legislação de uso do solo pelo município. Essa medida é de extrema importância para a preservação desses recursos. Assim, torna-se essencial incluir na legislação restrições de uso para as áreas de recarga hídrica. Vale ressaltar que as zonas de recarga das bacias estudadas são caracterizadas por solos profundos e permeáveis localizados em áreas de relevo de topo plano, as quais desempenham um papel fundamental no abastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, das nascentes e dos córregos.

Vale mencionar a Lei n.º 13.416, de 16 de dezembro de 2020, que institui a política municipal de segurança hídrica e gestão das águas no município de Uberlândia. Esta lei estabelece, em seu Art. 2º, que “caberá ao Município promover a integração e o alinhamento das políticas e demais ações, com objetivo de garantir segurança hídrica no seu território, com vista às atuais e futuras gerações” (Uberlândia, 2020, p. 1). Essa lei também dispõe que

§ 1º Entende-se por segurança hídrica, no âmbito do interesse local, a garantia à população ao acesso a quantidades proporcionais de água de qualidade adequada, por meio da integração de políticas de saneamento, meio ambiente, gestão de recursos hídricos, saúde, uso do solo, defesa civil, transparência e controle social (Uberlândia, 2020, p. 1).

Nesse contexto, a imposição de restrições ao uso e à ocupação de áreas propícias à recarga hídrica está perfeitamente alinhada à legislação, dada a multifuncionalidade do solo. Entre suas atribuições, destaca-se a capacidade de absorver, filtrar e armazenar a água da chuva, funcionando como uma esponja. Quando a água se infiltra no solo ou em outros materiais porosos, ela passa pelos espaços vazios entre as partículas, movendo-se gradualmente em direção ao subsolo. Esse processo é importante para a recarga de aquíferos, a manutenção do equilíbrio hídrico do solo e a distribuição de água no ambiente terrestre.

Assim, deve-se preservar áreas de muito alto e alto potencial ambiental à recarga dos cursos d'água, bem como parcelas das áreas de médio potencial, desde que não sejam impermeabilizadas e sejam compostas por vegetação nativa. Isso deve ser feito mesmo em áreas urbanas já consolidadas, como é o caso de vazios urbanos em loteamentos e bairros, como exemplificado pelo bairro Morumbi.

Em relação às inundações em áreas de topo plano e locais embaciados (bairro Morumbi e adjacências), concorda-se com Cruz e Tucci (2008) em seu estudo denominado “Avaliação dos Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana”, no qual apresentam funções econômicas para o planejamento da drenagem em Porto Alegre – RS. Eles consideram que a antecipação das ações para o controle das enchentes e inundações urbanas propicia uma diminuição sobremaneira dos gastos públicos com obras corretivas.

A Lei Complementar n.º 432/2006, que aprova o Plano Diretor do Município de Uberlândia, estabelece os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação e traz em seu art.14 as Diretrizes Ambientais Municipais. Este artigo institui a elaboração de projetos de lazer e turismo, os quais devem visar à interligação de parques, praças e áreas de potencial ambiental, com ciclovias e paisagismo.

Nesse sentido, entende-se que deve ser estabelecida no plano diretor, atualmente em revisão, a restrição de uso do solo nas áreas de potencial de recarga hídrica, considerando que a simples implantação de parques lineares no entorno dos corpos d'água não é suficiente para a preservação de mananciais.

Quadro 15 – Medidas e ações de preservação, recuperação e manejo indicadas para os cenários de uso e ocupação das terras das BHCbVT de acordo com a prioridade para gestão.

| Nível de prioridade de gestão | Riscos e problemas ambientais / Medidas e ações | | | Horizonte Temporal |
|-------------------------------|---|--|---|-------------------------|
| | Cenário Atual | Cenário Projetado* | Cenário Ideal | |
| Muito Alta | - Nascentes de cabeceira impactadas. | - Avanço de impermeabilização do solo nas áreas de contribuição das nascentes de cabeceira; - Intensificação de processos erosivos. | - Incorporação de áreas sujeitas à restrição de uso (área de recarga) com vistas à proteção dos recursos hídricos nas legislações de uso do solo pelo município; - Inclusão do programa Buriti em legislação municipal para que ele seja implantado em todas as áreas de nascentes, prioritariamente as circunvizinhas à área urbana; - Implantação de técnicas de conservação do solo que favoreçam a infiltração de água nas bacias de cabeceira, tais como: conservação dos remanescentes de cobertura vegetal nativa existentes em áreas de topo plano; - Implantação e manutenção de sistemas de contenção da drenagem pluvial na fonte, como por exemplo: bacias de percolação, pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e superfícies de infiltração; - Implantação de sistemas de contenção/infiltração para drenagem pluvial em áreas de topo plano, considerando as características dos solos mais permeáveis do local, juntamente com a realização de manutenção periódica desses sistemas; - Implantação e manutenção de maior porcentagem de áreas verdes compostas por vegetação rasteira e arbustivas e arbóreas florísticas e frutíferas, em diversas áreas do relevo plano, sobre solo de melhor permeabilidade; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras. | Curtíssimo prazo |
| | - Inundações nas áreas de topo plano e locais embaciados (bairro Morumbi e adjacências). | - Aumento das edificações residenciais, comerciais e instituições públicas e privadas em lotes vazios do bairro Morumbi; - Intensificação de impermeabilização do solo devido a implantação de novos bairros e loteamentos com inserção de residências, comércios e equipamentos urbanos públicos e privados. | - Implantação de pavimentos permeáveis em estacionamentos para veículos leves em áreas com solos mais permeáveis, especialmente em estabelecimentos comerciais com amplos estacionamentos; - Implantação e manutenção de sistemas de contenção da drenagem pluvial na fonte, como por exemplo: bacias de percolação, pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e superfícies de infiltração; - Limpeza frequente dos bueiros no período chuvoso; - Intensificação nas orientações à população sobre as consequências da disposição inadequada de resíduos sólidos e para consolidar o programa de coleta seletiva municipal, caso contrário, aplicação de notificação e autuação; - Implantação e manutenção periódica de áreas verdes compostas por vegetação rasteira, arbustivas e arbóreas, especialmente florísticas e frutíferas, em maior quantidade de áreas em relevo plano, sobre solo de melhor permeabilidade. | |
| | - Sistema de bacias de detenção/retenção da drenagem pluvial (margem direita das nascentes do córrego Três Marcos). | - Possível implementação de mais bacias de detenção/retenção de drenagem pluvial em locais inapropriados. | - Desativação das bacias de detenção/retenção das margens das nascentes e implantação de sistema de contenção / infiltração da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi em espaços vazios existentes nas áreas de topo plano, considerando os locais de solos com maior permeabilidade; - Implantação e manutenção periódica de maior porcentagem de áreas verdes compostas por vegetação rasteira e arbustivas e arbóreas florísticas e frutíferas, em diversas áreas do relevo plano, sobre solo de melhor permeabilidade; - Recomposição vegetal com espécies nativas sobre os locais das bacias de detenção/retenção; - Cercamento da APP desse ambiente de nascentes para garantir o seu isolamento, evitando a sua degradação e outros usos; | |
| | - Processos erosivos instalados a partir do rompimento das bacias de detenção/retenção da drenagem pluvial (margem direita das nascentes do córrego Três Marcos). | - Intensificação dos processos erosivos desta área, o que irá ampliar as modificações no ambiente de nascentes e no curso d'água. | - Retirada dos resíduos sólidos que foram usados para aterrar as erosões as margens das nascentes do córrego Três Marcos, como pneus, latas de alumínio, entre outros; - Implantação de técnicas para a recuperação das áreas erodidas; - Inserção de fiscalização dessas áreas pelo poder público; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras. | |

Continua

| | | | | |
|-------|---|---|---|-------------|
| Alta | - Áreas com processos erosivos (voçoroca, ravinas, sulcos e erosão laminar) pela falta de manejo do solo e de mata ciliar nas margens dos cursos d'água em áreas das BHCVT. | - Intensificação dos processos erosivos (voçoroca, ravinas, sulcos e erosão laminar), evoluindo-os a ponto de provocar total degradação de nascentes ou até mesmo de cursos d'água. | - Controle de erosão com implantação de técnicas para controle e recuperação de áreas erodidas; - Manejo adequado do solo, principalmente nas áreas de cultivo e estradas rurais e, recomposição e proteção da vegetação nativa para diminuir e evitar processos erosivos; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras; - Sistema de Plantio Direto; - Implantação de técnicas conservacionistas como <i>mulching</i> vertical e/ou terraceamento. | Curto prazo |
| | - Carreamento de sedimentos para cursos d'água. | - Intensificação de carreamento de sedimentos para cursos d'água. | - Implantação e manutenção de sistemas de contenção da drenagem pluvial na fonte, como por exemplo: bacias de percolação, pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e superfícies de infiltração; - Implantação de sistemas de contenção / infiltração da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi em espaços vazios existentes nas áreas de topo plano, considerando os locais de solos com maior permeabilidade e manutenção periódica desses sistemas; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras; - Sistema de Plantio Direto; - Implantação de técnicas conservacionistas como <i>mulching</i> vertical e/ou terraceamento. | |
| Alta | - Contaminação das águas superficiais e dos sedimentos fluviais. | - Intensificação da contaminação das águas superficiais dos sedimentos fluviais. | - Implantação e manutenção de sistemas de contenção da drenagem pluvial na fonte, como por exemplo: bacias de percolação, pavimentos permeáveis, valetas de infiltração e superfícies de infiltração; - Implantação de sistemas de contenção / infiltração da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi em espaços vazios existentes nas áreas de topo plano, considerando os locais de solos com maior permeabilidade e manutenção periódica desses sistemas; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras; - Sistema de Plantio Direto; - Implantação de técnicas conservacionistas como <i>mulching</i> vertical e/ou terraceamento; - Implantação de cultivo orgânico. | Curto prazo |
| | - Fossas Negras. | - Fossas Negras. | - Implantação de fossas sépticas e, sequencialmente desativação das fossas negras. | |
| Média | - Áreas legalmente protegidas (APPs e Reserva Legal) cobertura vegetal deficiente, desprotegidas e degradadas. | - Intensificação da degradação das áreas legalmente protegidas, principalmente impulsionada pela expansão urbana. | - Inclusão do programa Buriti em legislação municipal para que ele seja implantado em todas as APPs; - Recomposição da vegetação nativa das APPs de nascentes e cursos d'água, com regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras; - Cercamento das APPs para garantir a proteção e preservação dessas áreas; - Manutenção dos fragmentos de vegetação nativa existentes e os que poderão existir a partir da recomposição florestal das áreas de reserva legal e APPs; - Implantação de técnicas conservacionistas como <i>mulching</i> vertical e/ou terraceamento. - Intensificação da fiscalização pelo poder público dessas áreas a fim de evitar desmatamentos irregulares. | Médio prazo |
| | - Disposição inadequada de resíduos sólidos (espalhada em algumas áreas das BHCVT). | - Intensificação da disposição inadequadas de resíduos sólidos, podendo gerar a contaminação do solo e da água. | - Intensificação nas orientações à população sobre as consequências da disposição inadequada de resíduos sólidos para consolidar o programa de coleta seletiva municipal, caso contrário, aplicação de notificação e autuação; - Gestão efetiva dos resíduos sólidos tanto na área urbana e como zona rural. | |
| Baixa | - Rompimento de rego d'água em decorrência do aumento do escoamento superficial por falta de práticas conservacionista do solo. | - Intensificação de escoamento superficial devido ao aumento de áreas impermeabilizadas. | - Implantação de técnicas conservacionistas como <i>mulching</i> vertical e/ou terraceamento nas áreas adjacentes. | |

* Considerando a expansão urbana do macrozoneamento do município de Uberlândia-MG (Anexo C), e baseando-se baseando no modelo de planejamento e gestão implantado desde os primórdios até os dias atuais da urbanização em Uberlândia-MG.

Fonte: A pesquisa. Elaborado pela autora (2024) a partir de Rodriguez e Silva (2018); Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022); Trombeta (2015, 2019).

Segundo Tucci (2003), as medidas de controle podem ser classificadas de acordo com o componente da drenagem em medidas na fonte, na microdrenagem e na macrodrenagem. A primeira envolve o controle em nível de lote, enquanto a segunda refere-se às medidas empregadas em nível de loteamento. A terceira medida (na macrodrenagem) refere-se às soluções de controle implantadas nos principais rios urbanos.

As medidas referentes às inundações são implementadas de acordo com o estágio de desenvolvimento da área em análise. Nesse sentido, Tucci (2003) afirma que

As principais medidas sustentáveis na fonte têm sido: a detenção de lote (pequeno reservatório), que controla apenas a vazão máxima; o uso de áreas de infiltração para receber a água de áreas impermeáveis e recuperar a capacidade de infiltração da bacia; os pavimentos permeáveis. [...] As medidas de micro e macrodrenagem são as detenções e retenções. As detenções são reservatórios urbanos mantidos secos com uso do espaço integrado à paisagem urbana, enquanto que as retenções são reservatórios com lâmina de água utilizados não somente para controle do pico e volume do escoamento, como também da qualidade da água (Tucci, 2003, p. 36).

Em Uberlândia, o crescimento habitacional desordenado e carente de planejamento resultou em um cenário no qual a população enfrenta inundações e enchentes dos córregos devido à urbanização. Tais eventos são ocasionados pela inadequada concepção da drenagem urbana e pela crescente impermeabilização das superfícies, levando a um aumento do escoamento superficial e à perda do escoamento subterrâneo (Tucci, 2003).

Assim, a implementação dessas medidas nas Bacias Hidrográficas contribuirá para a infiltração das águas pluviais no solo, prevenindo a ocorrência de inundações em áreas de relevo com topo plano e embaciadas, especialmente em superfícies com solos de textura média a argilosa com aumento progressivo da porcentagem de areia ao longo do perfil. Isso favorecerá a recarga hídrica na área.

As superfícies de infiltração são uma das formas mais simples de manejo das águas pluviais, tendo a disposição dessas águas no local. Elas permitem que as águas superficiais fluam sobre uma superfície coberta por vegetação. Em áreas com subsolo argiloso ou pouco permeável, a instalação de subdrenos é necessária para evitar o acúmulo de água em alguns locais (Canholi, 2005).

Os pavimentos permeáveis são uma das alternativas na fonte que favorecem a infiltração da água pluvial em pequenos reservatórios de rocha, brita ou material granular sob superfícies permeáveis ou semipermeáveis. Têm como objetivo diminuir as áreas impermeáveis no meio urbano, permitindo que a água da chuva que cai sobre o pavimento seja drenada para as camadas inferiores, possibilitando o armazenamento e subsequente infiltração das águas no solo

(Lourenço, 2014). Esses pavimentos são adequados para estacionamentos de supermercados e outras empresas, praças públicas, arenas esportivas e vias de tráfego leve, como as ruas inseridas em condomínios residenciais.

As valetas de infiltração são também uma alternativa para conter a drenagem pluvial na fonte. Portanto, sugere-se a implantação dessas valetas em locais paralelos a ruas, estradas, ou junto a áreas de estacionamento e também em conjuntos habitacionais. Essa medida envolve a drenagem lateral, concentrando o fluxo das áreas adjacentes para facilitar a infiltração das águas pluviais ao longo do seu comprimento. Canholi (2005) afirma que a proteção dessas valetas com vegetação é importante para a conservação da superfície mais permeável do solo e é provável que, em algum momento, seja necessária a retirada de material acumulado para restaurar a capacidade de infiltração.

A bacia de percolação é constituída de uma valeta escavada e preenchida com materiais inconsolidados de maior granulometria como brita ou cascalho. Sua superfície é então reaterada. Segundo Canholi (2005, p. 43), “o material granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo”.

Os poços de infiltração são as medidas de contenção na fonte mais recomendadas, especialmente em áreas onde o espaço é limitado ou quando a urbanização está consolidada. Esses poços devem ser instalados nas BHCBVT, preferencialmente em áreas de topo plano com solos profundos. É necessário que o nível freático esteja suficientemente baixo em relação à superfície do terreno e que o subsolo seja constituído de camadas arenosas. Segundo Canholi (2005), a qualidade da água drenada é um fator que limita a implantação desse tipo de poço. Portanto, é essencial aumentar a fiscalização para evitar ligações clandestinas de esgoto à drenagem pluvial e o carreamento de outros tipos de resíduos pelas chuvas.

A limpeza frequente dos bueiros desempenha um papel crucial na prevenção de inundações, uma vez que as enchentes são frequentemente desencadeadas pelo acúmulo de resíduos descartados de forma inadequada. Nota-se que muitas pessoas tendem a varrer as folhas para as “bocas de lobo”, em vez de dar-lhes a destinação correta, que seria utilizá-las como adubo para as plantas. Esses resíduos acabam obstruindo as grelhas, prejudicando o escoamento das águas pelos sistemas de drenagem. Quando esses detritos são levados até os cursos d’água, aumentam o risco de transbordamento.

As técnicas e ações indicadas, em sincronia com a conservação dos remanescentes de cobertura vegetal nativa existentes em áreas de topo plano, favorecem a infiltração das águas pluviais, minimizando a probabilidade de inundações e, conseqüentemente, promovendo a

recarga hídrica. Os fragmentos de vegetação nativa localizados em áreas de reserva legal e margens dos cursos d'água das BHCBVT também favorecerão a capacidade de infiltração de água no solo, bem como a disponibilidade hídrica.

A recomposição da vegetação nativa de áreas legalmente protegidas é uma medida já instituída na Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012) e no Decreto n.º 8.972 de 23 de janeiro de 2017, que institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Brasil, 2017). Assim, as atividades de recomposição de vegetação nativa nas BHCBVT devem ocorrer nas áreas de APPs (nascentes e cursos d'água), obedecendo à legislação e ao local onde foram implantadas as bacias de retenção/retenção da drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi (as margens do ambiente de nascentes do córrego Três Marcos). Vale reforçar que essas bacias deverão ser desativadas, devido à sua localização.

A recomposição vegetal dessas áreas poderá ser efetivada a partir do uso de métodos de recomposição e estratégias de recuperação da vegetação nativa, como regeneração natural sem manejo, semeadura direta, enriquecimento, plantio por mudas e controle das plantas competidoras, conforme descritos pela Embrapa (Vieira *et al.*, 2016) (Anexo B).

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é considerado o método mais conservacionista de trabalhar a terra para fins agropecuários. Refere-se a um conjunto de práticas agrícolas e de gestão da terra que inclui o plantio direto, a rotação de culturas e o manejo integrado de pragas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2022).

Segundo Santos (2011), a técnica conservacionista denominada *Mulching* Vertical consiste na abertura de uma trincheira no solo, uma valeta em curva de nível, preenchida com materiais orgânicos. Essa técnica propicia o aumento da infiltração das águas no solo e a incorporação de material orgânico, amenizando problemas de erosão hídrica. Devido à reduzida largura do sulco, o *mulching* vertical não interfere nas operações motomecanizadas necessárias para a condução da lavoura. Foi desenvolvida para lavouras conduzidas sob sistema de plantio direto em solos profundos da região de clima subtropical úmido do Brasil (Wietholter; Minella, 2021).

Essa técnica reduz a quantidade de sedimentos e previne seu carreamento para fora da lavoura, diminui o escoamento superficial e aumenta a taxa de infiltração de água no solo (Denardin *et al.*, 2008; Garcia; Righes, 2008). Nesse sentido, a implantação dessa técnica nas BHCBVT contribuirá para melhoria a qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais, prevenindo a chegada aos corpos d'água de partículas de corretivos, fertilizantes, material orgânico e outros elementos que poderiam contaminar o solo e água.

O terraceamento é uma das práticas mais comuns adotadas pelos agricultores para controlar a erosão hídrica em terras agrícolas (Carvalho, 2009). Consiste na construção de terraços para disciplinar o fluxo de água da chuva. Essa técnica deve ser utilizada concomitantemente com outras formas de manejo, como cobertura do solo com palha, calagem, adubação, rotação de culturas com plantas de cobertura e cultivo em nível, conforme apresentado pela Embrapa (Machado; Wadt, 2021). Essa combinação de práticas de controle da erosão é importante para o planejamento conservacionista da lavoura.

Borges *et al.* (2023) apresentaram algumas modalidades de terraços com suas características, finalidades e formas de construção. Eles consideraram que a exigência de projetos e a fiscalização a respeito de terraceamento contribuirão para o aumento da produção de alimentos, a redução de assoreamentos, inundações, fome e gastos excessivos com insumos para a produção. Nesse contexto, sugere-se que essa medida seja implantada nas BHCBVT, tanto em áreas de culturas permanentes quanto temporárias, e também em áreas de pastagem, mediante a formalização de um projeto elaborado por profissionais qualificados para um dimensionamento adequado. Essa recomendação se estende a todas as medidas estruturais a serem implantadas.

O Código Florestal – Lei n.º 12.651/12, art. 3º, XX – define áreas verdes urbanas como

espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais (Brasil, 2012, p. 5).

Essas áreas caracterizam-se como um tipo especial de espaço livre que têm a vegetação como elemento fundamental em sua composição. Segundo Cavalheiro *et al.* (1999), as áreas verdes devem satisfazer três objetivos basilares: o ecológico-ambiental, o estético e o de lazer. Esses autores ainda mencionam que a “[...] vegetação e solo permeável (sem laje) devem ocupar, pelo menos, 70% da área total de uma área verde” (Cavalheiro *et al.*, 1999, p. 7). Para Buccheri Filho e Nucci (2006), os espaços livres, as áreas verdes e a cobertura vegetal são componentes ambientais essenciais e imprescindíveis para um planejamento urbano voltado à qualidade ambiental. É responsabilidade do poder público o planejamento, a criação e a manutenção desses ambientes. Bargas e Matias (2011) estão de acordo e reforçam o que foi apontado por Cavalheiro *et al.* (1999) e Buccheri Filho e Nucci (2006).

Os aspectos mencionados a respeito das áreas verdes, somados ao acréscimo da porcentagem dessas áreas nos loteamentos e bairros, propiciarão sobremaneira a infiltração e a percolação das águas pluviais. Isso, por sua vez, contribuirá para a recarga dos aquíferos, favorecendo a disponibilidade hídrica nas BHCBVT. Elas deverão ser implantadas em espaços distribuídos por toda área estudada, com prioridade para os locais de relevo plano e solo de melhor permeabilidade. Devem ser compostas por vegetação rasteira, arbustiva, arbórea, florística e frutífera, de preferência nativas do próprio bioma. Um exemplo de área que poderia se transformar em áreas verdes, entre outras, é a área parcialmente coberta por vegetação localizada ao lado do bolsão do bairro Morumbi. Além disso, deve ser instituído, por lei municipal, o aumento da porcentagem de áreas verdes nos projetos urbanísticos da cidade de Uberlândia.

As estradas não pavimentadas (estradas rurais) devem ser lembradas nas propostas de medidas para conservação do solo e da água, tanto no planejamento de construção quanto no manejo. Assim sendo, alocação adequada de estradas rurais é considerada prática auxiliar à conservação do solo e da água. Além disso, o terraceamento contribui para o manejo das águas das estradas, retardando e contendo o aporte de agroquímicos aos mananciais hídricos.

No caso das estradas rurais existentes nas BHCBVT deve-se realizar uma avaliação do estado de conservação delas para identificar os locais mais danificados e, sempre que possível, investigar as causas dos danos. Com uma identificação adequada, torna-se possível planejar a manutenção das estradas rurais (Costa *et al.*, 2023) e, a partir daí, implantar técnicas de conservação que sejam mais adequadas aos problemas identificados.

Cultivo orgânico refere-se à agricultura orgânica. É uma prática agrícola centrada na produção de alimentos que prioriza a preservação e/ou aumento dos níveis de matéria orgânica no solo antes do plantio. Esta abordagem, conforme descrito pela Embrapa, utiliza métodos naturais, excluindo o uso de fertilizantes sintéticos, agrotóxicos ou qualquer produto químico, e prioriza o emprego de adubos orgânicos, juntamente com técnicas de controle de pragas e doenças baseadas em métodos biológicos (Abreu, 2021). Nesse contexto, a adoção dessa prática poderá ser implementada em todos os tipos de culturas desenvolvidas nas BHCBVT (soja, milho, hortaliças), o que resultará em uma contribuição significativa para a melhoria da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais nessas bacias.

O cercamento das APPs deve acontecer, principalmente, na área das nascentes do córrego Três Marcos, onde ocorre acesso humano indevido (desmatamento e modificação no curso d'água em função de lazer), e também nas APPs onde gados e equinos adentram. Mesmo

que o art. 9º da Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), permita o acesso de pessoas e animais às APPs para obtenção de água, observa-se a necessidade de cercamento, devido aos impactos causados pelo pisoteio do gado e uso humano para o lazer em alguns pontos das BHCBVT, o que resulta em alta degradação.

Segundo Rosa (2021), o cercamento das pastagens deve ser obrigatório nas propriedades rurais que criam bovinos em pastagem. Nesse contexto, complementa-se nesta tese a obrigatoriedade do cercamento das APPs vizinhas às áreas de confinamento de gado.

O cercamento das nascentes e dos cursos d'água é fundamental para a conservação e recuperação dos mananciais e dos ambientes nos quais estão inseridos. Ele evita o trânsito de animais nas nascentes e cursos d'água, impedindo a compactação do solo, que gera a obstrução do afloramento da água, a formação de processos erosivos e a destruição da vegetação nativa. Dessa forma, o cercamento promove a regeneração da mata ciliar de forma natural, contribuindo para a melhoria de disponibilidade de água nas bacias hidrográficas. Nesse contexto, recomenda-se a instalação de bebedouros para os animais ao longo da propriedade, fora da área da APP. Essa medida visa evitar o pisoteio do gado nas nascentes e margens dos cursos d'água, prevenindo os impactos mencionados.

Todas medidas mencionadas até aqui são essenciais para o controle de processos erosivos. As erosões em sulco e laminar, espalhadas em diversos pontos das BHCBVT, podem ser controladas por meio das medidas já sugeridas. Contudo, é essencial que sejam implantadas outras técnicas para recuperar áreas erodidas, como, por exemplo, as voçorocas que foram formadas a partir do rompimento de algumas das bacias de retenção/detenção da drenagem pluvial, nas margens das nascentes de cabeceira do córrego Três Marcos.

Perante os cenários ambientais das BHCBVT, considera-se que os processos erosivos ali existentes irão intensificar, podendo destruir grande parte das áreas das nascentes do córrego Três Marcos ou até mesmo toda a bacia.

Em vista disso, a drenagem pluvial oriunda do bairro Morumbi deve ser redirecionada para outro sistema de bacias de retenção/detenção, o qual deve ser implantado em área de relevo plano, fora de APPs, onde o seu entorno deve se transformar em área verde destinada a recreação. Com isso, a nova área terá diversas funções ambientais: área receptora da drenagem pluvial, áreas recreacionais com vegetação e pavimentos permeáveis, área destinada à recarga do lençol freático, mantendo a perenidade das nascentes e cursos d'água.

Nessa perspectiva, a área onde estão inseridas essas bacias deve ser isolada, instalando cercamento no seu entorno para que animais e pessoas não tenham acesso às bacias de detenção/retenção desativadas e em recuperação.

Os métodos de controle de erosão são classificados em categorias: construções vivas (plantio de grama), construções mistas (uso da bioengenharia) e construções inertes (usos de sistemas mecânicos) (Araujo; Almeida; Guerra, 2007). Estes autores apresentam tais métodos com base na classificação de medidas elaborada por Gray e Sotir, em 1996, definindo-os. Assim, as construções vivas são realizadas pelo plantio convencional com gramíneas e vegetação herbácea, que pode ser feito por semeadura direta ou tapetes de gramas. As construções mistas referem-se ao uso de componentes naturais e artificiais como plantas, estacas vivas, caniçadas e camadas de ramos. Já as construções inertes podem ser, por exemplo, as estruturas de concreto, paliçadas, muros de arrimo, gabiões, estruturas em solos reforçados (geotêxtis).

Nesse sentido, pode-se utilizar alguns dos métodos descritos para implantar nas áreas degradadas das BHCBVT, onde constam voçorocas, sulcos e ravinas, a fim de recuperar as áreas erodidas.

A gestão eficiente dos resíduos sólidos, tanto na área urbana quanto na zona rural das BHCBVT, necessita de melhorias, pois existem problemas na disposição temporária desses resíduos. Dentre as medidas de melhoria, destaca-se a ampliação da coleta seletiva para toda a área estudada e a intensificação da orientação à população sobre as consequências da disposição inadequada de resíduos sólidos, incluindo a possibilidade de notificação e autuação em casos de práticas inadequadas de gestão de resíduos.

As fossas sépticas são fundamentais para a qualidade ambiental. Esse sistema de tratamento de esgoto é essencial para o saneamento básico em áreas rurais, contribuindo para a prevenção de doenças e sendo a opção mais recomendada em substituição às fossas negras. Além da instalação adequada, é necessário manter a fossa séptica limpa. As fossas negras representam uma ameaça ao meio ambiente e à saúde humana, pois podem contaminar o lençol freático ao longo do tempo (Pereira Júnior *et al.*, 2023).

Vale lembrar que o Programa Buriti subsidia a implantação de fossas sépticas sustentáveis e o cercamento de APPs, para aqueles que aderem ao programa. Com isso, a instalação dessas medidas pode se tornar mais fácil.

A implementação de fiscalização nas áreas que abrigam as bacias de detenção/retenção da drenagem pluvial nas BHCBVT é essencial e deve ocorrer regularmente, permitindo a

detecção de processos de degradação da área em tempo hábil para a mitigação dos impactos ambientais. Além disso, deve-se intensificar a fiscalização para prevenir desmatamentos irregulares na área estudada.

Vale ressaltar que, para a implantação de qualquer uma das medidas sugeridas, é necessário elaborar um plano de recuperação de áreas degradadas. Esse plano deve incluir os tipos de técnicas e plantas a serem usados em cada etapa, além de cálculos e procedimentos a serem seguidos. É fundamental que esse plano seja elaborado por profissionais habilitados.

Essas indicações permitirão uma melhoria significativa na qualidade ambiental das bacias hidrográficas, adequando seus usos e ocupações de acordo com as potencialidades para a recarga dos cursos d'água das BHCBVT, transformando-as em um ambiente ecologicamente equilibrado para todos.

Diante da escassez hídrica, é fundamental priorizar de maneira contundente a implementação de medidas e ações voltadas para a proteção dos recursos hídricos. Isso garantirá a disponibilidade hídrica (quantidade e qualidade), que é essencial para a vida das pessoas.

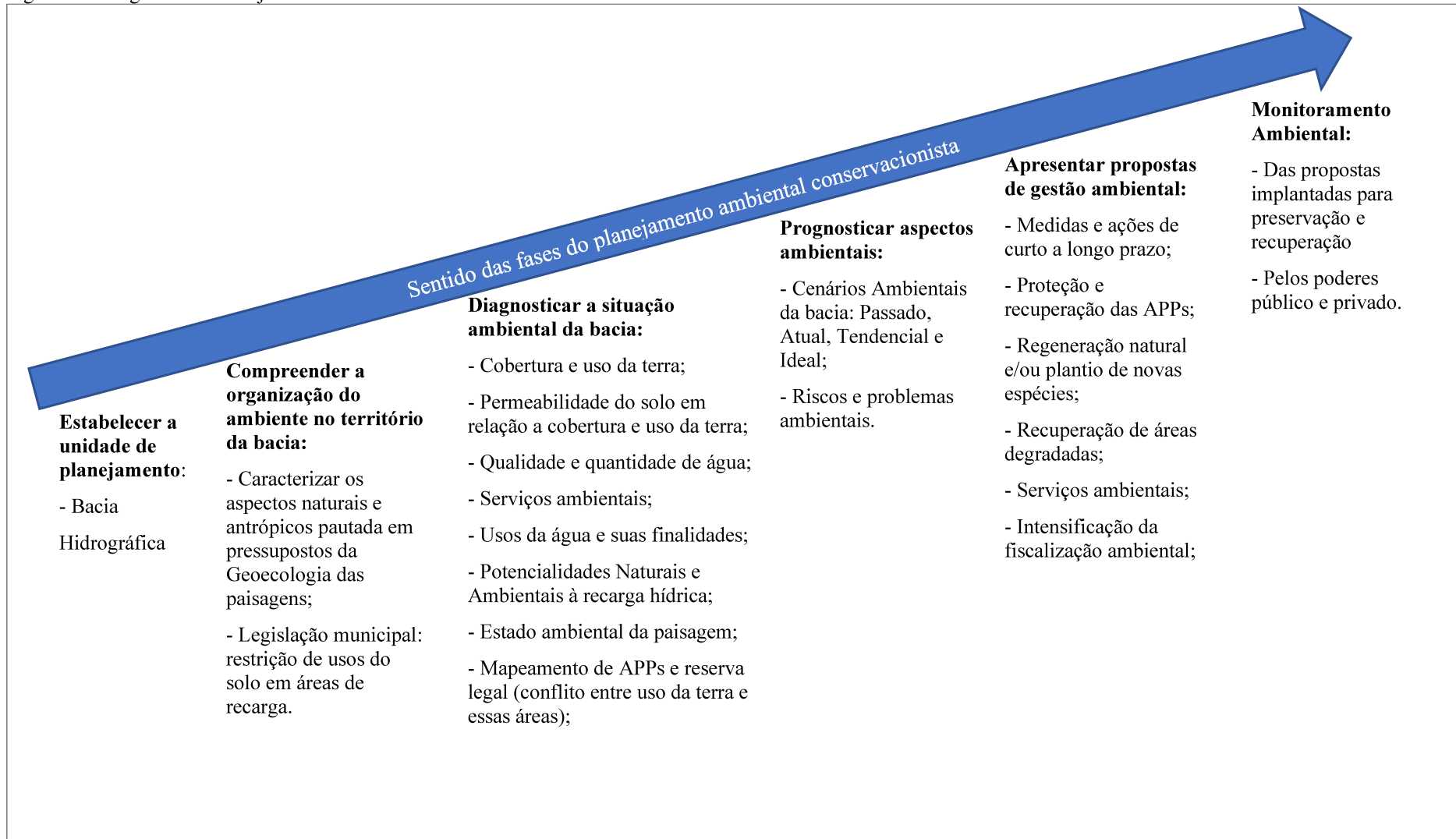
5.2 Sugestão de Planejamento Ambiental Conservacionista para bacias hidrográficas

Sabe-se que planejar é projetar possibilidades de um futuro melhor. De acordo com Rodriguez e Silva (2018), um planejamento ambiental conservacionista segue etapas comuns a qualquer tipo de planejamento.

Quando se observa o cenário decorrente de um processo de urbanização baseado na impermeabilização de áreas de recarga hídrica, torna-se evidente a falta de um planejamento eficaz e de longo prazo. Essa combinação de fatores resulta em uma série de situações de risco, que variam desde inundações e alagamentos decorrentes de eventos pluviométricos até a escassez hídrica, causada pela falta de qualidade e quantidade de água.

Nesse contexto, sugere-se um planejamento ambiental conservacionista em busca da segurança hídrica, seguindo passos apresentados na Figura 49.

Figura 49 – Sugestão de Planejamento Ambiental Conservacionista.



Fonte: Elaborada pela autora (2024) a partir de Rodriguez e Silva (2018); Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

A segunda fase do planejamento ambiental conservacionista contempla o entendimento da organização ambiental do território. Para isso, é necessário compreender a abrangência da bacia, realizar a caracterização dos componentes da paisagem embasada na Geoecologia das paisagens²⁸, identificar os serviços e elementos que compõem a bacia hidrográfica em análise e verificar a existência de legislação municipal que restrinja os usos do solo em áreas de recarga hídrica. Essa etapa colabora diretamente com o terceiro passo: o diagnóstico da situação ambiental bacia.

Para a realização de um diagnóstico ambiental em uma bacia hidrográfica, é necessário, primeiramente, definir sua finalidade. No sentido de conservação dos recursos hídricos, o diagnóstico deve abranger aspectos como o meio físico, a cobertura vegetal e os usos antrópicos desenvolvidos. Além disso, é fundamental que o diagnóstico compreenda outros aspectos que impactam a disponibilidade hídrica, tais como a permeabilidade do solo, a qualidade e quantidade das águas superficiais, os usos da água e as áreas com maior potencial de recarga dos corpos d'água. Ademais, é importante diagnosticar os serviços ecossistêmicos²⁹ e ambientais³⁰, uma vez que estes exercem influência significativa sobre a qualidade e a quantidade das águas.

O estado ambiental pode ser revelado a partir da análise integrada da paisagem, que responde às potencialidades naturais e ambientais para a recarga hídrica, de acordo com as principais características dos componentes da paisagem. Nessa etapa, também é necessário diagnosticar as áreas legalmente protegidas (APPs e Reserva Legal) para definir possíveis conflitos entre uso da terra e essas áreas. Para isso, deve-se realizar a delimitação dessas áreas, seguindo a legislação vigente.

A fase do prognóstico visa identificar os cenários ambientais ao longo do tempo, destacando os riscos e problemas ambientais nas suas diversas configurações.

Diante das problemáticas evidenciadas, deve-se implementar uma gestão ambiental conservacionista que priorize medidas de preservação, recuperação e manejo de APPs, reserva legal e áreas de recarga, compreendendo ações de curto a longo prazo. No entanto, de acordo

²⁸ Geoecologia das paisagens: Estuda as interações entre os elementos naturais e antrópicos em um determinado espaço geográfico. Busca uma compreensão holística e integrada das paisagens, a fim de apoiar o planejamento e manejo sustentável dos recursos naturais e do ambiente (Rodriguez, Silva e Cavalcanti, 2022).

²⁹ Serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas seguintes modalidades de serviços: provisão; suporte; regulação; e culturais (Brasil, 2021, Art. 2º; II, a,b,c,d).

³⁰ Serviços ambientais: atividades individuais ou coletivas que favorecem a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos (Brasil, 2021, Art. 2º; III).

com as problemáticas identificadas, devem-se adotar medidas de curtíssimo, curto, médio e longo prazo.

O planejamento ambiental conservacionista deve ir além das etapas de formulação e implantação de medidas. É essencial que haja monitoramento ambiental das medidas adotadas, avaliando o estado delas de forma constante. Esse monitoramento deverá ser feito pelos poderes públicos e/ou privados.

Por fim, a proposta delineada representa apenas uma das possíveis abordagens para a conservação do ambiente das bacias hidrográficas, com ênfase na preservação dos recursos hídricos. Conforme demonstrado pelos cenários ambientais das BHC BVT mencionados nesta tese, essas possibilidades estão intimamente ligadas a iniciativas sociais e políticas voltadas para esse propósito. Portanto, é crucial que os tomadores de decisão sejam criteriosos ao escolher o caminho a ser seguido, tendo em vista o que preconiza o desenvolvimento sustentável. Isso inclui a busca por soluções para as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa trabalhou na investigação de que os recursos hídricos da área de estudo estão comprometidos com a escassez hídrica, em função da configuração de uso e ocupação de suas terras. Utilizou uma avaliação pautada em parâmetros analíticos de caráter ambiental e social, o que permitiu o levantamento e a produção de informações que retratam as variações e limitações desse ambiente, gerando subsídios para os órgãos públicos e privados de planejamento ambiental na formulação de um uso adequado das terras.

A caracterização e o mapeamento da paisagem das BHC BVT resultaram em uma compreensão detalhada dos aspectos naturais e sustentaram a caracterização dos aspectos antrópicos da área estudada. Mostram uma paisagem composta por diversas atividades econômicas e diferentes usos da terra, como hortifruticultura, pastagem, agricultura, agricultura em pivô, chácaras para lazer, urbanização, entre outros, com dominância atual da agricultura de soja e milho, seguida pela pastagem. O relevo da área é predominantemente plano a suave ondulado, com declividades de até 6%, abrangendo áreas onde estão localizadas as nascentes da maioria dos córregos que compõem o sistema hidrográfico da área pesquisada. Os materiais inconsolidados são predominantemente representados pelos substratos rochosos da Cobertura detritico-laterítica, além dos substratos da Formação Serra Geral e do Grupo Araxá, distribuídos em dois grupos: os retrabalhados e os residuais, com espessuras variando de 0 a mais de 10 metros de profundidade. Tais aspectos naturais foram relevantes nessa pesquisa.

Essa abordagem evidenciou o recorte territorial apropriado para a análise integrada da paisagem, em consonância com os objetivos desta pesquisa, e demonstrou a diversidade de elementos que compõem sua paisagem.

As análises de qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais demonstraram valores acima do recomendado pela legislação vigente para alguns elementos contaminantes, os quais podem estar sofrendo influências diretas de ações e atividades antrópicas. Em vista disso, é necessário um monitoramento constante da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais para averiguar suas condições, possibilitando a identificação correta das fontes poluidoras.

O levantamento dos usos das águas revelou que o maior número de registros de cadastro de uso insignificante de recursos hídricos refere-se à captação em corpo d'água, sendo este tipo de captação o segundo mais frequente nos registros de outorga de direito de uso de recursos

hídricos. Porém, pode ocorrer que nem todas as captações estejam regularizadas e, assim, não haja registros formais das mesmas.

Constata-se que a avaliação das condições ambientais dos recursos hídricos indica a necessidade de adotar medidas para melhorar a área, sendo crucial observar a forma de uso e ocupação das terras, bem como o manejo dos solos.

As variáveis utilizadas para identificar as classes de potencialidade natural à recarga dos cursos d'água das BHCbVT, aliadas às observações de campo para uma compreensão mais profunda dos resultados, permitiram concluir que a avaliação do potencial natural de recarga hídrica resultou na geração e na espacialização das áreas com maior ou menor capacidade natural de recarga.

A incorporação da variável “materiais inconsolidados” foi fundamental para a definição das classes de potencialidade à recarga dos cursos d'água, permitindo a elaboração dos mapas das áreas naturais e ambientais com potencial de recarga. Como resultado, foram identificadas as áreas com maior capacidade de recarga, as quais demandam atenção especial e restrições de uso e ocupação.

O predomínio de áreas compostas pelos sedimentos da Cobertura detrítico-laterítica na área estudada, representadas pelo sistema aquífero granular, favorece os processos de recarga do aquífero e, conseqüentemente, dos cursos d'água, devido à sua boa permeabilidade. Assim, a maior parte das águas precipitadas se infiltra através do solo e migra diretamente para o aquífero, alimentando sua zona saturada e provendo a vazão de água às nascentes dos córregos Desengano, Pombo, Boa Vista, Três Marcos, Olhos D'Água e Tenda. No entanto, para garantir a recarga adequada das nascentes e dos cursos d'água, é essencial que a gestão pública e privada adote um modelo diferente daquele atualmente em vigor na cidade de Uberlândia. O modelo atual impermeabiliza áreas propícias à recarga, impedindo a infiltração das águas precipitadas e, em vez disso, contribui para enchentes e alagamentos.

Na identificação das áreas potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água – Cenário Atual – evidenciou-se que os aspectos físico-ambientais das BHCbVT contribuem significativamente para a disponibilidade hídrica de seus cursos d'água. Observou-se que as áreas de topo plano, compostas por materiais inconsolidados profundos e de classe textural média a arenosa, originados da Cobertura detrítico-laterítica, desempenham um papel crucial na recarga do aquífero local, garantindo a manutenção da vazão dos córregos da área estudada.

Na configuração do cenário projetado para a cobertura e uso da terra da área estudada, evidencia-se que a intervenção nas áreas potenciais de recarga dos cursos d'água tem sido

acompanhada de riscos. A expansão urbana projetada, seguindo o padrão atual de urbanização, não se harmoniza com a capacidade de suporte da paisagem em relação à recarga hídrica e resultará na impermeabilização de áreas com potencial médio a muito alto, transformando-as em áreas com baixo a muito baixo potencial ambiental de recarga hídrica. Assim, avalia-se o risco de escassez hídrica na área estudada, visto que essas áreas com maior potencial são responsáveis pela contribuição das nascentes principais dos córregos Boa Vista, Três Marcos, Olhos D'Água e Tenda, submetendo as BHCBVT à escassez hídrica.

A identificação da potencialidade ambiental à recarga dos cursos d'água atua como uma síntese capaz de demonstrar os locais mais propensos à recarga hídrica, fornecendo informações que auxiliam no reordenamento territorial para manter uma dinâmica equilibrada na paisagem.

As intervenções antrópicas e as ações desordenadas de ocupação das terras resultaram na impermeabilização de ambientes naturais com alto potencial para recarga hídrica, provocando alagamentos, como os ocorridos no bairro Morumbi. Esses atos têm causado impactos negativos adicionais ao ambiente.

As bacias de detenção/retenção que recebem a drenagem pluvial do bairro Morumbi, instaladas à margem direita da nascente do córrego Três Marcos, revelaram-se subdimensionadas e incapazes de comportar o volume de água drenado. O rompimento de algumas bacias, os vestígios de transbordamento em outras e o assoreamento das nascentes evidenciam os problemas decorrentes desse mal dimensionamento e indicam que essas bacias não estão cumprindo sua função primordial, que é permitir a infiltração gradual das águas pluviais no solo e promover sua percolação até o lençol subterrâneo. Quando posicionadas em locais adequados e bem dimensionadas, essas bacias desempenham um papel crucial na filtragem da água e na recarga do aquífero. No entanto, tanto o local onde estão inseridas quanto as próprias bacias não recebem manutenção periódica, e medidas corretivas são adotadas apenas após eventos chuvosos intensos que causam rompimento dessas bacias ou a intensificação das erosões, geralmente de forma pontual e sazonal. O dimensionamento e a localização inadequados das bacias podem levar a graves riscos, como a escassez de água resultante do carregamento de sólidos para os corpos d'água, que acabam assoreando e contaminando os cursos d'água.

As análises espaciais da área de estudo, realizadas por meio das operações de álgebra e sobreposição de camadas no *software* QGIS, mostraram-se eficazes na avaliação da potencialidade ambiental para recarga dos cursos d'água, sugerindo sua aplicabilidade em estudos de planejamento ambiental para bacias hidrográficas.

O mapeamento das áreas potenciais ambientais à recarga dos cursos d'água é uma ferramenta fundamental para a gestão da cobertura e uso da terra nas BHCBVT, visando proteger as áreas com maior potencial de recarga. Tem papel crucial na promoção da segurança hídrica, garantindo a disponibilidade de água para os usuários dos mananciais dessas bacias ao identificar as áreas propícias à recarga. Além disso, contribui para os gestores ambientais formularem e implantarem planos e projetos que possam melhorar a qualidade ambiental das bacias hidrográficas.

Os resultados obtidos confirmam a hipótese apresentada na tese, uma vez que estão em conformidade com a realidade do ambiente das BHCBVT. Eles destacam que os diferentes usos do solo exercem uma influência significativa na disponibilidade de água na área estudada, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade. Além disso, os resultados foram capazes de responder às questões levantadas na tese.

A metodologia revela a integração existente entre os parâmetros selecionados e destaca que eles são elementos significativos na estruturação desse ambiente. Além disso, o caminho metodológico traçado e percorrido mostrou-se eficiente na avaliação das condições ambientais de uma bacia hidrográfica, na identificação das potencialidades para a recarga hídrica, nas limitações de uso e ocupação das terras, e na revelação dos cenários ambientais em suas diferentes escalas temporais. Os resultados obtidos ressaltam a importância da análise holística e fornecem subsídios para o planejamento ambiental, visando garantir a segurança hídrica. Além disso, evidenciam uma preocupação ainda maior com o ambiente das BHCBVT, destacando a importância de adotar e implantar medidas para protegê-las contra usos inadequados, que, caso contrário, poderiam tornar a escassez hídrica inevitável.

Constatou-se que as BHCBVT estão sendo significativamente afetadas pelo processo de urbanização, como evidenciado pelos desafios enfrentados pela bacia do alto curso dos córregos Três Marcos e Tenda devido à instalação de infraestrutura urbana. Outro fator que influencia a recarga hídrica é o manejo do solo, especialmente considerando que, em uma parcela expressiva da área, utiliza-se maquinários pesados nas atividades agrícolas, o que favorece a alteração da estrutura do solo. Assim, é crucial adotar uma abordagem sistêmica no planejamento e na implementação urbana e rural, incluindo a criação de planos de restrição de uso em áreas específicas, independentemente das pressões do mercado imobiliário em Uberlândia e do agronegócio. Além disso, é essencial implementar ações contínuas de manejo para evitar impactos negativos.

Embora o bairro Morumbi esteja completamente instalado, ainda há espaços vazios disponíveis que podem e devem ser aproveitados para promover a infiltração de água. Para isso, a adoção de medidas e ações indicadas nessa pesquisa proporcionará maior equilíbrio ambiental, criando um cenário ideal para as BHCVT, que devem ser utilizadas de maneira sustentável, respeitando e preservando o ambiente e suas necessidades. As propostas básicas apresentadas nesta tese servem como orientações iniciais para os gestores, que devem detalhar cada uma delas com projetos específicos para as respectivas situações, estabelecendo metodologias para solucionar os problemas encontrados.

A avaliação da realidade investigada revelou a urgência de repensar o planejamento ambiental com foco na conservação dos recursos hídricos, que estão impactados e apresentam perspectivas de escassez. Para isso, o planejamento ambiental foi reformulado nesta tese para adotar um formato conservacionista, incluindo elaboração, implantação e monitoramento constante, com o propósito de conservar e preservar os elementos naturais integrados ao processo de recarga hídrica.

É fundamental que gestores, planejadores e usuários deste espaço estejam cientes de que o uso inadequado das terras, incluindo a impermeabilização de áreas com maior potencial de recarga hídrica e o manejo inadequado do solo, intensifica a indisponibilidade de água, gerando escassez hídrica. Devem considerar as indicações fornecidas nessa tese, como a implantação de uma maior quantidade de áreas verdes. Isso não se restringe apenas à construção de parques lineares em torno de APPs durante o parcelamento do solo, mas inclui, principalmente, a criação de áreas ecológicas nas áreas de recarga hídrica. Além disso, é urgente a adoção de medidas para a recuperação de áreas degradadas e para o manejo adequado das terras.

Esta tese fornece subsídios para gestores ambientais tanto públicos quanto privados, e para produtores rurais, auxiliando-os a conceber e implementar um uso adequado das terras, levando em consideração as singularidades das potencialidades de recarga dos cursos d'água da área estudada e de áreas análogas. É essencial considerar as variáveis diretamente ou indiretamente relacionadas à situação dos recursos hídricos.

Espera-se contribuir de forma significativa e positiva para os esforços de conservação, proteção e recuperação de áreas degradadas, bem como auxiliar no reordenamento territorial e na formulação de restrições de uso e ocupação em locais que requerem atenção ambiental especial. É importante notar que, apesar da água ser essencial para a perpetuação dos seres vivos em nosso planeta, a configuração da expansão urbana tem um impacto irreversível sobre os cursos d'água das BHCVT.

Algumas sugestões de trabalhos futuros para serem realizados nas BHCBVT:

- Caracterização e mapeamento das APPs, das estradas não pavimentadas e dos regos d'água;
- Quantificação das águas superficiais em relação à demanda hídrica;
- Monitoramento da precipitação em diversos pontos;
- Monitoramento da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos fluviais.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Potencialidades paisagísticas brasileiras. **Geomorfologia**, v. 55. São Paulo: IG-USP, 1977.

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABREU, L. S. **Agricultura orgânica**. Brasília: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agricultura-e-meio-ambiente/politicas/agroecologia/agricultura-organica>. Acesso em: 26 dez. 2023.

AHLF, W.; FÖRSTNER, U. Managing contaminated sediments. Part I: Improving chemical and biological criteria. **Journal of Soils and Sediments**, v.1, p.30-36, 2001. <https://doi.org/10.1007/BF02986467>

ALBUQUERQUE, F. **Segurança hídrica é discutida em seminário da FIESP sobre o reuso da água**. Agência Brasil, São Paulo, 19 mar. 2013. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-03-19/seguranca-hidrica-e-discutida-em-seminario-da-fiesp-sobre-reuso-da-agua>. Acesso em: 25 jun. 2021.

ALMEIDA, B.G. *et al.* **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2012 (Comunicado técnico 66). 11 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96926/1/ComTec-66-Analise-Granulometrica.pdf>. Acesso em: 26 mar.2021.

AMATO, R. D. **Análise multielementar de sedimentos do Córrego Liso e implicações ambientais**. 2018. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24178/1/An%c3%a1liseMultielementarSedimentos.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2023.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 80–101, mar/2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16613/9240>. Acesso em: 10 ago. 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG134116613>

ANA - Agência Nacional das Águas. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA). 2013**. Disponível em: <https://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Outros usos**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua/outros-usos>. Acesso em: 15 dez. 2023.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. 2019. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2021.

ANDRADE, R. F. **Mapeamento Geotécnico preliminar em escala semidetalhe (1:25000) da área de expansão urbana de Uberlândia - MG**. 2005. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14105/1/MapeamentoGeotecnicoPreliminar.pdf>
f. Acesso em: 15 out. 2020.

ANDRADE, R. B. de. **Religiosidade e modos de vida: a (re)construção do lugar na comunidade rural Tenda do Moreno em Uberlândia-MG**. 2007. 216 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2007. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16272/1/RBAndradeDIS01PRT.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

ANTONIO FILHO, F.D.; DEZAN, M.D.S. Metodologias de Pesquisa e Procedimentos Técnicos: considerações para o uso em projetos de pesquisa em Geografia. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v.4, n. 2, p. 79-92, julho/dezembro/2009. Disponível em:
<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/3315>. Acesso: 21 jan. 2021.

APHA. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 22th ed. Washington: 2012.

ARANTES, J. **Cidade dos sonhos meus: memória histórica de Uberlândia**. 1. ed. Uberlândia: Edufu, 2003.

ARAÚJO, A. R. **Solos da Bacia do Alto Rio Grande (MG): Base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola**. 2006. 345 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2006. Disponível em:
<http://repositorio.ufla.br/handle/1/32341?mode=full>. Acesso em: 10 mai. 2022.

ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2. ed. 2007.

ARULBALAJI, P.; PADMALAL, D.; SREELASH, K. GIS and AHP Techniques Based Delineation of Groundwater Potential Zones: a case study from Southern Western Ghats, India. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–17, February, 2019. Disponível em:
<https://www.nature.com/articles/s41598-019-38567-x.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-38567-x>

BACCARO, C. A. D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n.1, ano 1, p. 13-22, junho/1989. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/61555>. Acesso em: 7 jul. 2020.
<https://doi.org/10.14393/SN-v1-1989-61555>

BACCARO, C. A. D. Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro: Estudo Preliminar. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 3, n. 5 e 6, p. 37–42, dezembro/1991. Disponível em:
<https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/60687>. Acesso em: 7 jul. 2020.
<https://doi.org/10.14393/SN-v3-1991-60687>

BARBOSA O.; BRAUN O.P.G.; DYER R.C.; CUNHA C.A.B.R. da. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Boletim DNPM, Rio de Janeiro, n. 136, 140 p. 1970.

BARBOZA, A. C. L.; SILVA JR, G. C.; MELLO, C. L. Caracterização de Parâmetros Hidráulicos em Depósitos Fluviais Paleogênicos na Bacia de Volta Redonda, RJ. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 30, n. 2, p. 118-132. 2007. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/download/6773/5370>. Acesso em: 10 ago. 2020. https://doi.org/10.11137/2007_2_118-132

BARGOS, D.C; MATIAS, L.F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – SP, v.6, n.3, p.172-188, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332823752_AREAS_VERDES_URBANAS_UM_ESTUDO_DE_REVISAO_E_PROPOSTA_CONCEITUAL. Acesso em: 13 dez. 2023. <https://doi.org/10.5380/revsbau.v6i3.66481>

BARREIROS, A.M. **Da paisagem como objeto da geografia: repasse teórico e sugestão metodológica**. 2017, 116 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciência Humanas da Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, São Paulo, 2017. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-19022018-121253/publico/2017_AndreMateusBarreiros_VCorr.pdf. Acesso em: 13 fev. 2021.

BATEZELLI, A. **Análise da sedimentação cretácea no Triângulo Mineiro e sua correlação com áreas adjacentes**. 2003, 183 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/09e6d3e0-434a-4dcd-89eb-12ad5f4f3770/download>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BATEZELLI, A. *et al.* Análise da bacia aplicada às unidades mesozóicas do Triângulo Mineiro (sudeste do Brasil): uma estratégia na prospecção de recursos hídricos subterrâneos. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 61–73, 2005. DOI [org/10.14295/ras.v19i1.1352](https://doi.org/10.14295/ras.v19i1.1352). Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/1352>. Acesso em 10 dez. 2023. <https://doi.org/10.14295/ras.v19i1.1352>

BELL, L. W.; KIRKEGAARD, J. A.; SWAN, A.; HUNT, J. R.; HUTH, N. I.; FETTELL, N. A. Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n.1, p. 19-29, mai., 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229093339_Impacts_of_soil_damage_by_grazing_livestock_on_crop_productivity. Acesso em: 15 ago. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.02.003>

BERTALANFFY, L. V. 1975. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 5 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8019854/mod_resource/content/1/Bertalanffy%20-%20Teoria%20Geral%20dos%20Sistemas.pdf. Acesso em: 15 ago. 2021.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. Toulouse, v.39, n.3, p.249-272, 1968. DOI: 10.3406/rgpso.1968.4553. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1968_num_39_3_4553. Acesso em: 10 set. 2020. <https://doi.org/10.3406/rgpso.1968.4553>

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. Cruz, O. (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo, SP, v. 13, p. 1-27, 1972. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328067418.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

BERTRAND, G., BEROUTCHACHVILI N. “Le géosystème” ou “système territorial naturel”. **Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**. Toulouse, v.49, n.2, p.167-180,1978. DOI: 10.3406/rgpso.1978.3548. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1978_num_49_2_3548. Acesso em: 10 set. 2020. <https://doi.org/10.3406/rgpso.1978.3548>

BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na unidade hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III E IV, Paraná**. 2019. p. 205. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade estadual de Maringá, Maringá, 2019. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5558>. Acesso em: 10 ago. 2020.

BORGES MOREIRA, V.; PEREZ FILHO, A.; DI MAURO, C. A. A influência do relevo e coberturas superficiais no uso e ocupação das terras urbanas: alagamentos sazonais em topos de cimeira na cidade de Uberlândia-MG: The influence of relief and superficial covers on urban land use and land cover: seassonal flooding on summits in Uberlândia/MG, Brazil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 41, n. 1, 2021. DOI: 10.5216/bgg.v41.64729. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/64729>. Acesso em: 6 mar. 2023.

BORGES, E. N.; DIAS, M. A. R.; ALMEIDA, C. X.; JORGE, R. F.; FARIA, A. L. L. Práticas conservacionistas usadas na preservação dos recursos hídricos. *In*: COSTA, L. M. (org.). **Intensidade de uso e ocupação dos solos das bacias hidrográficas dos rios Araguari e Paranaíba: Diretrizes sustentáveis para o desenvolvimento do agronegócio**. 1 ed. Rio de Janeiro: Pod, 2023. cap. 8, p. 213-258.

BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **O Aquífero Guarani**: a verdadeira integração dos países do Mercosul. Curitiba, 2004.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. *In*: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153–192.

BRASIL, **Decreto n.º 8.972, de 23 de janeiro de 2017**. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, DF, Presidência da República, 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d8972.htm. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5, 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, 29 p. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: out de 2022.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 15 ago. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n.º 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.º 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, Presidência da República, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 23 mai. 2021.

BRASIL. **Lei n.º 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n.º 8.212, de 24 de julho de 1991, n.º 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e n.º 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Brasília, DF, Presidência da República, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/114119.htm. Acesso em: 15 dez. 2023.

BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria de Serviço Geográfico – DSG. **Carta militar**. Folhas SE: 22-Z-B-VI-4-NO, SE: 22-Z-B-VI-4-NE, SE: 22-Z-B-VI-4-SO, SE:22-Z-B-VI-4-SE, Brasília: DSG, 1984.

BRASIL - **PROJETO RADAM Levantamento de recursos naturais**. Ministério das Minas e Energia, v. 31, Rio de Janeiro, 1983.

BRITO, J. L. S.; LEAL, J. P. **Mapeamento das pastagens no município de Uberlândia em 2015**. v. 1, EBOOK. p. 6796–6803, 2017. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.1871. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1871>. Acesso em 6 jan. 2023. <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1871>

BRITO, J. L. S. *et al.* Mapeamento e avaliação da qualidade das pastagens cultivadas no Triângulo Mineiro a partir de imagens Oli/Landsat-8. **Caminhos da Geografia** (UFU. Online), Uberlândia, v. 19, n. 67, p. 68-82, 2018. DOI: 10.14393/Hygeia196705. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40021>. Acesso em: 6 jan. 2023. <https://doi.org/10.14393/Hygeia196705>

BUCCHERI FILHO, A. T.; NUCCI, J. C. Espaços Livres, Áreas Verdes e Cobertura Vegetal no Bairro Alto da XV, Curitiba - PR. **Revista do Departamento de Geografia**, Curitiba: UFPR, n.18, p. 48-59, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237342438_Espacos_livres_areas_verdes_e_cobertura_vegetal_no_bairro_Alto_da_XV_CuritibaPR. Acesso em: 13 dez. 2023. <https://doi.org/10.7154/RDG.2006.0018.0005>

CAJAZEIRAS, C. C. A. **Análise da vulnerabilidade e risco à escassez hídrica no semiárido – Caso de estudo Ibaretama/CE**. 2020. 136f. Tese (Doutorado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, 2020. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/21826/1/tese_claudio_cajazeiras.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARRIJO, R. R. [Acervo de fotos do produtor rural da Comunidade Olhos D'água]. Destinatário: Oliveira, H. L. P. R.; 9 nov. 2022. 1 mensagem eletrônica. Enviada por WhatsApp.

CARVALHO, E. M. de. **Riscos ambientais em bacias hidrográficas: um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS**. 2007. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/990/1/Elis%c3%a2ngela%20Martins%20de%20Carvalho.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2023.

CARVALHO, E. M. de; LEITE, E.F. Perspectivas da avaliação de riscos ambientais em bacias hidrográficas. **Revista Interface**, Porto Nacional, ed. n.º 06, p. 11-21, maio, 2013. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/499/309>. Acesso em: 8 jun. 2023.

CARVALHO, M. A. R. de. **Efeito da cobertura do solo e de práticas de controle de erosão nas perdas de água e solo por escoamento superficial**. 2009. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-13102009-170056/publico/Marco_Carvalho.pdf. Acesso em: 19 nov. 2023.

CAVALCANTI, A. P. B.; RODRIGUEZ, J. M. M. O meio ambiente: histórico e contextualização. *In*: CAVALCANTI, A. P. B. (org.). **Desenvolvimento sustentável e planejamento: bases teóricas e conceituais**. Fortaleza: UFC, 1997. p. 9-26.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. Proposição de Terminologia para o Verde Urbano. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. SBAU: Ano VII, n.º 3 – jul./ago./set. 1999. Rio de Janeiro, RJ, 1999. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/cavalheiro-et-al-1999.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**, 2017. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: (org.) Brandão, C., J. CETESB: Brasília: ANA, 2011. 326p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de qualidade de água.** 2013. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-2.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2022.

CHAVES, A. M. S. **Dinâmica geocológica e cenários potenciais para conservação da paisagem semiárida na bacia do riacho São José em Pernambuco.** 2021. 353 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2021. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/14373>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CHOUDHARY, K.; SINGH, M.; KUPRIYANOV, A. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences Spatial modelling for natural and environmental vulnerability through remote sensing and GIS in Astrakhan, Russia. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, v. 21, n. 2, p. 139–147, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110982317302120>. Acesso em: 10 dez. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.05.003>

CHRISTOFOLETTI, A. A teoria dos sistemas. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, n. 2, p. 43- 60, 1971a.

CHRISTOFOLETTI, A. Morfologia de bacias de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n.18, p.130-138, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia.** São Paulo: Hucitec, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Geografia física. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, v. 11, n. 21/22, p. 5-18, 1981b.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007. cap.11, p. 415-436.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial**

da União, Brasília, DF, 16. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-acs.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2021.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n.º 454, de 1 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. **Diário Oficial da União, Brasília, DF**, 18. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/component/sisconama/?view=atosnormativos>. Acesso em: 31 ago. 2021.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: debating an emerging paradigm. **Global Environmental Change**, v. 22, n. 1, p. 94–102, 2012. Disponível em: <http://web.mit.edu/mission/www/m2017/pdfs/watsec.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>

COSTA, F. P. M.; NISHIYAMA, L. Utilização do Permeâmetro Guelph e Penetrômetro de Impacto em estudos de uso e ocupação dos solos em bacias hidrográficas. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia. v. 8, n 24, dez. 2007. p. 131-143. Disponível em: <http://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15589/8823>. Acesso em: 10 out. 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG82415589>

COSTA, R. A. **Zoneamento ambiental da área de expansão urbana de Caldas Novas – GO: procedimentos e aplicações**. 2008. 204f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15913/1/Rildo.pdf>. Acesso em: 12 set. 2020.

COSTA, R.A.; MIYAZAKI, L. C. P.; ROSOLEN, V. Avaliação da qualidade dos sedimentos da bacia do córrego Pirapitinga em Ituiutaba – Mg: estação seca e chuvosa. **Brazilian Geographical Journal**, v. 8, n. 2, p. 63–75, jul./dez. 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/50897>. Acesso em: 23 out. 2020.

COSTA, L. M.; BORGES, E. N.; NUNES, A. P. S. N. Locação de estradas não pavimentadas no contexto da conservação do solo e da água nas atividades agrossilvopastoris. In: COSTA, L. M. (org.). **Intensidade de uso e ocupação dos solos das bacias hidrográficas dos rios Araguari e Paranaíba: Diretrizes sustentáveis para o desenvolvimento do agronegócio**. 1 ed. Rio de Janeiro: Pod, 2023. cap. 9, p. 259-285. <https://doi.org/10.61118/978-65-5947-250-5>

CREPANI, E. *et al.* **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológicoeconômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. Cenários de Planejamento na Drenagem Urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 3, p. 59-71, jul./set. 2008. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/14/abb19115d83c96bf49afa9c199f7fb64_0ad22f3d319c6cb84588fa97a05d96cf.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

CURCIO, G. R. As nascentes e sua inserção em paisagens com diferentes potenciais de uso: uma reflexão. *In: XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água*, EMBRAPA, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais [O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água]** Curitiba: SBCS; Londrina: IAPAR, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151656/1/2016-Gustavo-RBMCSA-AsNascentes.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2022.

DAGNINO, R. de S. **Riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Campinas / São Paulo**. 2007. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP. 2007. Disponível em: https://professor.ufrgs.br/dagnino/files/dagnino_ricardodesampaio_m_2007.pdf. Acesso em: 10 ago. 2023.

DAGNINO, R. de S.; CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, jul./dez. 2007. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/1026>. Acesso em: 25 abr. 2022.

DEEPA, S. *et al.* Groundwater recharge potential zones mapping in upper Manimuktha Sub basin Vellar river Tamil Nadu India using GIS and remote sensing techniques. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 2, n. 3, p. 1– 13, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40808-016-0192-9>. Acesso em: 20 dez. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0192-9>

DE MARIA *et al.*, Métodos de análise física de solos do instituto agrônômico de Campinas. **Boletim técnico análise granulométrica**, Campinas, v. 2, 32 p. mai. 2021. Disponível em: https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/boletim_tecnico_analise_granulometrica_v12Mai2021.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

DE SOUSA, F. A. IDENTIFICAÇÃO DAS ZONAS DE RECARGA E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS FREÁTICOS DE IPORÁ - GO. **Geoambiente Online**, Goiânia, n. 33, p. 23, 2019. DOI: 10.5216/revgeoamb.v0i33.52073. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/52073>. Acesso em: 5 ago. 2023. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i33.52073>

De VARGAS, T.; SGORLA, V.; BELLADONA, R.; VEDANA, L. A. Mapas de zonas potenciais de recarga da água subterrânea como uma nova ferramenta para a segurança hídrica do abastecimento público. **Revista Águas Subterrâneas**, v.37, n.1, e-30152, 2023. <https://doi.org/10.14295/ras.v37i1.30152>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30152>. Acesso em: 12 set. 2023. <https://doi.org/10.14295/ras.v37i1.30152>

DEL GROSSI, S. R. **De Uberabinha a Uberlândia**: os caminhos da natureza. Contribuição ao Estudo da Geomorfologia Urbana. 1991. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

DEL GROSSI, S.R.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, H. L. P. R.; SOUZA, L. R. D. **A drenagem e a recarga de aquíferos**: os impactos do crescimento da malha urbana de Uberlândia – MG sobre a Bacia do Córrego Olhos D'água. SIMPÓSIO NACIONAL DE

GEOMORFOLOGIA - SINAGEO, 8. Recife. Anais: Sensitividade de Paisagens: a geomorfologia no contexto das mudanças ambientais globais. Universidade Federal de Pernambuco, 2010. CD ROM.

DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. Vertical Mulching: prática conservacionista mitigadora de perdas por erosão hídrica em sistema plantio direto. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento On line**, ISSN 1677-8901, novembro, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPT-2010/40326/1/p-bp53.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (Brasil). DNIT. Brasília, DF, 2021. **Rodovias do Brasil**. Portal. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/shapefiles>. Acesso em: 10 abr. 2021.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos**: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio – SP. 2013. 283 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/9133e463-5ddd-4238-bab4-72eec47c0af1/download>. Acesso em: 26 set. 2021.

EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. **Território**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 31-41, 1996. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8055430/mod_resource/content/1/EGLER%20-%20Risco%20ambiental.pdf. Acesso em: 15 mar. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **Embrapa**. 2022. **Sistema Plantio Direto**. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto#:~:text=O%20Sistema%20Plantio%20Direto%20\(SPD,potenciais%20gen%C3%A9tico%20ed%C3%A1fico%20e%20ambiental](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto#:~:text=O%20Sistema%20Plantio%20Direto%20(SPD,potenciais%20gen%C3%A9tico%20ed%C3%A1fico%20e%20ambiental). Acesso em: 05 dez. 2023.

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

FAO no Brasil. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO. **Solos saudáveis para as pessoas e para o planeta: FAO pede reversão da degradação do solo**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1472352/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 74-80, 1997. Disponível em: <http://docvirt.com/docreader.net/DocReader.aspx?bib=aguaterra&pagfis=1111>. Acesso em: 12 abr. 2022.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte (MG) com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. 2009. 277 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-83CPWN>. Acesso em: 10 jan. 2021.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. 252f. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

FINKLER, R.. **Planejamento, manejo e gestão de bacias. Unidade 1 - A Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <http://capacitação.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/82>. Acesso em: 05 mai. 2021.

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

FLAUZINO, F. S. **Qualidade da água e dos sedimentos nos reservatórios das usinas hidrelétricas de Nova Ponte e Miranda – Minas Gerais**. 2014. 145 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução: Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. Disponível em: <https://sigaa.ufla.br/sigaa/public/docente/turma.jsf?tid=4594#>. Acesso em: 29 ago. 2020.

FÖRSTNER, U., HEISE, S., SCHWARTZ, R., WESTRICH, B. & AHLF, W. Historical contaminated sediments and soils at the river basin scale. Examples from the Elbe River catchment area. *J. Soils & sediments* 4 (4):247-260. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225732270_Historical_Contaminated_Sediments_and_Soils_at_the_River_Basin_Scale. Acesso em: 20 mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/BF02991121>

FRANCO, G. B. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na bacia do Rio Almada – Viçosa-MG**, 2010. 345p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/823/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.

FRASCÁ, M. H. B. O.; SARTORI, P. L. P. **Minerais e Rochas**. *In*: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds). *Geologia de Engenharia*, São Paulo: ABGE, 1998. cap.2, p. 15-38.

FREIRE, R. **Monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá**. 2010. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, 2010. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/3788/1/000178860.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GARCIA, S. M.; RIGHES, A. A. Vertical Mulching e manejo da água em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 833-842, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200037>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/FfLKpVHN87VhKkxwmXmVxRd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 abr. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200037>

GARCIA, Y. M.; CAMPOS, S.; TAGLIARINI, F. S. N.; CAMPOS, M.; RODRIGUES, B. T. Declividade e potencial para mecanização agrícola da bacia hidrográfica do ribeirão Pederneiras -Pederneiras/SP. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 14, n. 1, p. 62–72, 2020. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/e226/62c3b9af1ab867fff89b52a7ae06726ff4a2.pdf>. Acesso em: 12 set. 2023. <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n1p62-72>

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C.A.; LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C. Método de classificação preliminar dos potenciais de infiltração e de escoamento superficial da água do solo: subsídio à avaliação de risco de contaminação por agroquímicos. *In*: XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. 1996. Águas de Lindóia/SP. **Anais [Congresso Latino Americano de Ciência do Solo]**. Águas de Lindóia/SP:SBCS/ESALQ, 1996. 4p.

GREY, D.; SADOFF, C. W. Sink or swim? Water security for growth and development. **WaterPolicy**, v. 9, p. 545–571, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/255592639_Sink_or_Swim_Water_Security_for_Growth_and_Development. Acesso em: 18 jun. 2021. <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

G1. Alagamentos são registrados durante chuva em Uberlândia. **G1 Triângulo e Alto Paranaíba**, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2019/12/03/alagamentos-sao-registrados-durante-chuva-em-uberlandia.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2023.

G1. Temporal causa problemas na rede hidráulica e cratera precisa ser aberta em avenida do bairro Morumbi em Uberlândia. **G1 Triângulo e Alto Paranaíba**, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2023/02/13/temporal-causa-problemas-na-rede-hidraulica-e-cratera-precisa-ser-aberta-em-avenida-do-bairro-morumbi-em-uberlandia.ghtml>. Acesso em: 10 out. 2023.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS; SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **IDE-SISEMA**. Belo Horizonte-MG, 2023.

Outorgas. Disponível em:

<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/45589b8c-4f82-4d42-9ec8-351c65f3ea18>. Acesso em: 10 dez. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). “BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - **Série Histórica - Dados Mensais – Temperatura Média e Precipitação total**”. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <http://www.bdmepe@inmet.gov.br>. Acesso em: 10 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia**. Escala 1:25000, 1979.

IRRIGA AGRO. **Agricultura de Sequeiro: desafios da seca na agricultura. 2023**. Disponível em: <https://irrigaagro.com/agricultura-de-sequeiro/>. Acesso em: 12 dez. 2023.

JEPSON, W., BUDDS, J., EICHELBERGER, L., HARRIS, L., NORMAN, E., O'REILLY, K., YOUNG, S. Avanço das capacidades humanas para a segurança hídrica: Uma abordagem relacional. **Segurança Hídrica**, 1,46-52. Jul. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.wasec.2017.07.00>

KABATA-PENDIAS, A. **Trace Elements in Soils and Plants**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, Florida. 2010. <https://doi.org/10.1201/b10158>

LEAL, A. C. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema**. 2000. 300 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/190520>. Acesso em: 20 out. 2020.

LEAL, A. C. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. *In*: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de. (org.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003, p. 65-85.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. 11 ed. São Paulo: Editora Nacional, 1989.

LIBAULT, A. Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica. **Métodos em Questão**. São Paulo, IGEO/USP, n. 1, p.1-14. 1971.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/tese-de-doutorado/1422424>. Acesso em: 28 ago. 2020.

LOPES, L.G.N; SILVA, A.G; GOULART, A.C.O. A Teoria Geral do Sistema e suas aplicações nas ciências naturais. **Natureza On line**, v. 13, n. 1, p. 1-5. 2015. Disponível em: <https://www.naturezaonline.com.br/revista/article/view/132>. Acesso em: 10 jun. 2021.

LOPES, V. M. Q. C. **Uberlândia: histórias por entre trilhas, trilhos e outros caminhos – memórias, construção e apropriações dos espaços**. 1. ed. Uberlândia: EDUFU, 2010.
<https://doi.org/10.14393/EDUFU-978-85-7078-240-3>

LOURENÇO, R. **Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis**. 2014. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2014. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/14071/1/Rossana-Lourenco.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MACHADO, P. L. O. A.; WADT, P. G. S. **Terraceamento**. Brasília-DF: **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/terraceamento>. Acesso em: 15 dez. 2023.

MALLMANN, E. H. **Influência do Uso e Manejo do Solo sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Lajeado Pratos**. 2018. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Hídrica) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2018. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/197711/001086153.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 mai. 2023.

MAPBIOMAS Brasil. **Projeto MapBiomass – Códigos da Legenda – Coleção 7 e Descrição da Legenda**. 2022. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 15 jan. 2023.

MARCHESAN, J. *et al.* Mapeamento da fragilidade ambiental em áreas do bioma mata atlântica: utilização de geotecnologias aplicadas ao Rio Grande do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 586-598, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/31237>. Acesso em: 15 fev. 2020. https://doi.org/10.11137/2019_3_586_598

MEDEIROS, C. N. de; SOUZA, M. J. N. de. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: caso do município de Caucaia, estado do Ceará. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 1, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/304805525_Metodologia_para_mapeamento_da_vulnerabilidade_socioambiental_Caso_do_municipio_de_Caucaia_CE. Acesso em: 21 ago. 2020.

MEDEIROS, R. B. **Zoneamento Ambiental para o Sistema Cárstico da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul**. 2020. 403p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal da Grande Dourados, 2020. Disponível em: <https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>. Acesso em: 6 mar. 2021.

MELLO, N. A. Relação entre a fração mineral do solo e qualidade de sedimentos – o solo como fonte de sedimentos. *In*: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Orgs.) **Qualidade dos sedimentos**. Porto Alegre: ABRH, 2006, p.39-92.

MELO, I. S. **Dinâmica e fragilidade ambiental na paisagem da microbacia hidrográfica do rio Paripueira, Sergipe**. 2018. 142p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe, 2018, 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/9315>. Acesso em: 6 mar. 2021.

MELO, M. C. de; JOHNSON, R. M. F. O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, Três Corações, v. 1, n. 1, p. 72–92, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4325>. Acesso em: 03 fev. 2021. <https://doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>

MELO, M. C. **Segurança hídrica para abastecimento urbano**: proposta de modelo analítico e aplicação na bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais. 2016, 495p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.coc.ufrj.br/pt/teses-de-doutorado/391-2016/8306-marilia-carvalho-de-melo>. Acesso em: 20 ago. 2020.

MELO NETO, J.O.; CHAGAS, R. M.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. Delimitação de áreas potenciais de recarga subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Siriri, Sergipe. **Scientia Plena**. v.9, n. 7, 2013. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1089>. Acesso em: 15 set. 2023.

MENDONÇA ASCIUTTI, G. A. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio do Quilombo**. 2019. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11817/ASCIUTTI_Gustavo_2019.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Acesso em: 6 mar. 2022.

MENDONÇA, F. RISCOS E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS URBANOS a contingência climática. **Mercator**: Revista de Geografia da UFC, Fortaleza - CE, ano 2010, v. 9, ed. 1, p. 153-163, dez 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2736/273620609012.pdf>. Acesso em: 13 out. 2023.

MENEZES, M. D. **Levantamento de solos em sub-bacias hidrográficas como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga de aquíferos**. 2007. 107p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2007. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3584/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Levantamento%20de%20solos%20em%20sub-bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20como%20apoio%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20do%20uso%20da%20terra%20e%20da%20potencialidade%20da%20recarga%20de%20aq%C3%BC%C3%ADferos.pdf. Acesso em: 10 dez. 2023.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P.G. **Projeto de monitoramento ambiental de microbacias hidrográficas – RS-RURAL** subprojeto 7. Porto Alegre, IPH-UFRGS, 2003. 89p.

MINAS GERAIS, Lei n.º 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 30/01/1999**. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acesso em: 10 dez. 2023.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG n.º 08, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Publicação – Diário do Executivo – Minas Gerais – 02/12/2022**.

Belo Horizonte, MG. Disponível em:
<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=56521>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MINAYO, M. C. DE S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**, 29. ed. Petrópolis: Vozes. 2010. Disponível em:
<https://bibliocetas.fct.unesp.br/Arquivos%20P%C3%BAblicos/Pesquisa%20Qualitativa%20Pesquisa%20Social%20-%20Teoria%2C%20M%C3%A9todo%20e%20Criatividade%20-%20minayo.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1637-1646, 2007. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/RGKRtjfsRZjByjJGzjxWh7D/#>. Acesso em: 15 abr. 2023.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600039>

MONTEIRO, M. C. **Mudanças na cobertura e uso da terra e impactos ambientais nas áreas úmidas na Chapada do Bugre (Triângulo Mineiro) entre 1987 e 2018**. 2019. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/3881cb17-a2d0-4809-9285-9692f1caa93d>. Acesso em: 04 dez. 2023.

MOREIRA, V. B.; PEREZ FILHO, A. Das superfícies de aplainamento aos pulsos climáticos holocênicos: a evolução da paisagem em relevos de chapada. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p.176-195, jan. 2020. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sn/a/4znH4W9fPxkRPJY49DyRhHz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2022. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-46867>

MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições Universidade Federal do Ceará, 1981.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1995.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Ed. ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 1999.

NETTO, A. A. **Integração de indicadores geoquímicos na análise da contaminação de sedimentos e bivalves por metais pesados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no complexo estuarino de Santos**. 2022. 177 f. Dissertação (Mestrado em Biogeoquímica) - Instituto de Geociências, Niterói, 2022. Disponível em:
<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/28923/388-%20DISSERT-%20Adriana%20Azevedo%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 ago. 2023.

NISHIYAMA, L. Geologia do Município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 1, p. 9-16, 1989. DOI: 10.14393/SN-v1-1989-61554. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/61554>. Acesso em: 07 mar. 2020.

NISHIYAMA, L. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000**: aplicação no município de Uberlândia – MG. 1998. 363 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

NOGUEIRA, J. B. **Mecânica dos Solos**: Ensaio de Laboratório. EESC/USP/Departamento de Geotecnia. 2005. Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/bitstreams/1801aa8c-72de-445a-81b8-b902ddb7971/download>. Acesso em: 06 out. 2020.

OCDE - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico. **Water security for better lives: a summary for policymakers**. OECD Publishing, 2013. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/water-security_9789264202405-en.html. Acesso em: 18 mai. 2021.

OLÍMPIO, J. L.S.; ZANELLA, M. E., Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. **Raega** v.40, p. 94 -109. Curitiba, ago. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/45870/32969>. Acesso em: 10 dez. 2021. <https://doi.org/10.5380/raega.v40i0.45870>

OLÍMPIO, J. L.S. **Análise multicritério do Risco de Desastres Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/21986>. Acesso em: 15 set. 2021. <https://doi.org/10.5380/raega.v40i0.45870>

OLIVEIRA, H. L. P. R. **Análise da influência dos fatores naturais e antrópicos na disponibilidade hídrica no alto curso do Córrego Três Marcos**: subsídios para gestão integrada das águas superficial e subterrânea. 2012. 176f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

OLIVEIRA, P. E. S.; CARVALHO FILHO, C. A.; MOREIRA, R. M. M.; RAMOS.; M. E. A. F.; SILVA, N. C. Avaliação da qualidade de sedimentos fluviais no entorno da mina de urânio de caldas. **Geonomos**, v. 26, n. 2, p. 31-40, 2018. doi:10.18285/geonomos.v26i2.12566. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/12566/9965>. Acesso em: 15 ago. 2023.

OLIVEIRA-FILHO, E. C; LIMA, J. E. F. W. Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado. Documento 56: Planaltina. **Embrapa Cerrados**, 2002. 50p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2009/24492/1/doc_56.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivo de desenvolvimento sustentável 6 – água potável e saneamento**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas **Water Security and the Global Water Agenda**. 2013. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/water-security-and-global-water-agenda>. Acesso em: 04 maio 2021.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I.; Pedologia e Geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 59-122.

PASSOS, A. L. L.; MUNIZ, D. H. DE F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Critérios para Avaliação da Qualidade de Água no Brasil. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 7, n. 2, p. 290–303, mai. ago. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187221/1/eduardo-criterios-para-avaliacao-da-qualidade.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2018v7i2.p290-303>

PEREIRA GUIMARÃES, C. **Análise dos fatores ambientais intervenientes na qualidade da água em trecho do ribeirão Ponte de Pedra no município Rondonópolis – MT**. 2020, 79f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, 2020. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=9676415. Acesso em: 6 mar. 2023.

PEREIRA JÚNIOR, M.; ISMAIL, I. A. L.; SILVEIRA, A. K.; ABRANTES, A. C. T. G. Contaminação no lençol freático por fossas rudimentares. **Caderno Progressus**, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 40-47, 2023. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/progressus/article/view/2274>. Acesso em: 20 dez. 2023.

PMU- Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Secretaria de Agronegócio, Economia e Inovação**. 2022. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/agronegocio-economia-e-inovacao/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PMU- Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Notícias**. Em fase de conclusão, Bolsão do Morumbi já beneficia população do bairro e entorno. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/2022/10/03/em-fase-de-conclusao-bolsao-do-morumbi-ja-beneficia-populacao-do-bairro-e-entorno-2>. Acesso em: 10 out. 2023.

PESSÔA, V. L. S. Pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa nas "trilhas da investigação": apontamentos a partir de experiências acadêmicas vividas em Geografia Agrária. *In*: MARAFON, G. J.; CHELOTTI, M. C.; PESSÔA, V. L.S. (org.). **Temas em Geografia Rural**. 2. ed. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2020, p. 234-260.

PIERONI, J. P.; RODRIGUES BRANCO, K. G.; VALLE DIA, G. R do.; FERREIRA, G.C. Avaliação do estado de conservação de nascentes em microbacias hidrográficas. **Revista Geociências**, v. 38, n. 1, p. 185 – 193, 2019. Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12477/8811>. Acesso em: 11 ago. 2022. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i1.12477>

PINTO, C. S. **Curso básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed., São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2006.

PIRES, J. S.R.; SANTOS, J.E. Bacias hidrográficas – integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.19, n.110, p.40-45, jun. 1995. Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/indexqualitas/article/download/399/366>. Acesso: 04 ago. 2021.

QUEIROZ, R. R. **Os Impactos da Ação Antrópica sobre a Microbacia Hidrográfica do Córrego do Atoleiro**. 2012. 106f. Trabalho de Conclusão de Curso (Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) - Centro Universitário de Brasília Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD, Brasília-DF, 2012. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle>. Acesso em: 03 dez. 2023.

QUEIROZ, R. C. **Geologia e geotecnia básica para engenharia civil** – São Paulo: Editora Blucher, 2016.

RAMOS, M. V. V.; HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G. M. Caracterização dos solos e da estrutura fitossociológica da vegetação de veredas da chapada do Triângulo Mineiro. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis-GO, v. 3, n. 2, p. 180-210, jul.dez. 2014. Disponível em: <https://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/fronteiras/article/view/1011>. Acesso em: 02 dez. 2023. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2014v3i2.p180-210>

RIBEIRO, C. R. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica da represa de Chapéu D'Uvas – Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG**. 2012. 525p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2012. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/12/ms/christian.pdf. Acesso em: 15 fev. 2021.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, T. M. B. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília-DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2008. p. 152–212.

RIVANI, H. P.; UTSUMI, A. G. Mapeamento de Campos de Murundus na Bacia do Rio Claro (MG) Utilizando o Google Earth Engine. **Revista Geoaraguaia**. v.13, n.1, p. 114-130, jul. 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/14717>. Acesso em: 01 dez. 2023.

RODRIGUES, F. R.; LOPES, E. R. N.; LOURENÇO, R. W. Análise integral dos impactos urbanos em áreas verdes: uma abordagem em Sorocaba, Brasil. **Revista Ra'eGa**, Curitiba, v. 46, n.2, p. 135-151, jun. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/61224>. Acesso em: 15 abr. 2023. <https://doi.org/10.5380/raega.v46i2.61224>

RODRIGUEZ, M. M. **Planejamento Ambiental como campo de ação da Geografia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 5, 1994, Curitiba/PR. **Anais [Perspectivas da Geografia Brasileira / Velho Mundo Novas Fronteiras]**. Curitiba: AGB, 1994. p.582-9, 1994.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza-CE, v. 1, n. 1, p. 95–112, 2002. Disponível em: <https://lageplan.ufc.br/wp-content/uploads/2022/10/A-classificacao-das-paisagens-a-partir-de-uma-visao-geossiMercator.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6. ed. Fortaleza: Edições UFC, Imprensa Universitária. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>. Acesso em 22 dez. 2022.

RODRIGUEZ, M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2018. <https://doi.org/10.21714/2178-8030gep.v19.4192>

ROSA, R. M. **Zoneamento ambiental de bacias hidrográficas: estudo demonstrativo na unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33852/4/ZoneamentoAfluentesBaixo.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2021.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U.; COELHO, N. M.; Coelho, L. M.; BRITO, J.L.S.; SILVA, L. A.; LIMA, S. C. Qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e implicações ambientais. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 39, n.1, pp. 151-159, mar. 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322760327_Qualidade_dos_sedimentos_no_rio_Uberabinha_Uberlandia_MG_e_implicacoes_ambientais. Acesso em: 15 ago. 2021. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2009391151159>

ROSS, J. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade empírica dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH/USP, São Paulo. n.8, p.63-73, 1994. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 13 ago. 2019. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 5. ed. São Paulo: Editora Contexto. 2000.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs- RIMAs. In: GUERRA, A.T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010. cap. 6, p. 291-336.

ROSS, J. L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.6, p.17-29, 1992. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>. Acesso em: 13 ago. 2019. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

SAMPAIO, A. C. S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da bacia do alto Paraguai**. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/1473/1/Antonio%20Carlos%20Silva%20Sampaio.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

SANTOS, R. C. **Proposta metodológica de espaçamento entre sulcos de Mulching Vertical**. 2011. 65 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/4541/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2023.

SANTOS, A. B. dos, **Condições socioterritoriais dos camponeses da comunidade rural Olhos D'água em Uberlândia-MG**. 2016. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16252/1/CondicoesSocioterritoriaisCamposese.pdf>. Acesso em 20 mar. 2021.

SANTOS, R. J.; SANTOS, A. B. COMUNIDADE OLHOS D'ÁGUA e as articulações camponesas no uso de políticas públicas: O papel do conselho comunitário rural de desenvolvimento sustentável. **Anais SINGA, VIII**, VIII Simpósio Internacional de Geografia Agrária e IX Simpósio Nacional de Geografia Agrária, 2017. Curitiba – PR. Disponível em: https://singa2017.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/12/gt05_1506812438_arquivo_rossselveteangelica_completo_singa_2017_.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. Ed. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 19 ago. 2020.

SANTOS, J. de O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial**. 2011. 331 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-30032012-131857/publico/2011_JaderdeOliveiraSantos_VRev.pdf. Acesso em: 03 abr. 2021.

SANTOS, J.O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental Urbana. **Revista da ANPEGE**. v. 8, n10, p. 127-144, dez. 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/272697331_FRAGILIDADE_AMBIENTAL_URBANA_urban_environmental_fragility. Acesso em: 19 mai. 2020.
<https://doi.org/10.5418/RA2012.0810.0009>

SANTOS, J. de O; ROSS, J. L.S. Estudo da Fragilidade e Riscos Ambientais em Fortaleza – CE. *In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia - II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia*, 2008, Belo Horizonte/MG. **Anais [Resumos]** São Paulo: TecArt, 2008. v. único. p.1-10.

SANTOS, J. O; SOUZA, M, J. N. Compartimentação Geoambiental e riscos ambientais associados na bacia hidrográfica do rio Cocó, Ceará. *In: PINHEIRO, D. R. de C. (Org). **Desenvolvimento sustentável: desafios e discussões***. Fortaleza: ABC Editora, 2006. p. 75-98.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SANTOS, R. D.; *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. ed. Revista e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, R. F; CALDEYRO, V. S. Paisagens, condicionantes e mudanças. *In: SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos?*** Brasília: MMA, 2007. cap. 2, p. 13-21.

SCCON Geoespatial. **Imagens Planet**. Disponível em:
<https://www.scon.com.br/produtos/imagens-planet>. Acesso em: 11 ago. 2021; e 21 out. 2022.

SCHNEIDER, T. R.; GUTERRES, D.S.; SILVA, L. A.; GARCIA, P. P.; LEON, O.; LEANDRO, D. **Panorama sobre a fragilidade e vulnerabilidade ambiental**. XXXI Congresso de Iniciação Científica (CIC) e 8ª Semana Integrada da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), 2022. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/9733>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 131 p. Tese (Doutorado Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22133/tde-25072003-084308/publico/tese.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

SEMIL - Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística. **IQA – Índice de Qualidade das Águas**, 2021. Disponível em:
<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/iqa-indice-de-qualidade-das-aguas>. Acesso em: 12 abr. 2023.

SEMAD - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos**. Governo do Estado de Minas Gerais. Disponível em:

<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/1508>. Acesso em: 12 abr. 2023.

SIAM - SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÃO AMBIENTAL (Processo). **Acesso de visitante**. Belo Horizonte: SEMAD, 2022. Disponível em:

<http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>. Acesso em: 05 dez. 2022.

SILVA, A. M. ARSÊNIO: impacto sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Revista Educação Pública**, p. 1-3, 2016. Disponível em:

<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/17/arsnio-impacto-sobre-o-meio-ambiente-e-a-sade-humana>. Acesso em: 16 mar. 2022.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J.M.M, Considerações Iniciais. *In*: SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J.M.M; MEIRELES, A. J. A (Orgs.). **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas**. Fortaleza: Edições UFC, 2011, p. 7-26. Disponível em:

<http://www.ppggeografia.ufc.br/images/planejaciast1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SILVA, E. V; RODRIGUEZ, J.M.M; MEIRELES, A. J. A (org.). **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas**. Fortaleza: Edições UFC, 2011. Disponível em:

<http://www.ppggeografia.ufc.br/images/planejaciast1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SILVA, G. A. da. **Mapeamento e caracterização do meio físico de susceptibilidade erosiva na bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço – Ituiutaba/MG**. 2014. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16213/1/MapeamentoCaracterizacaoMeio.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2020.

SILVA, R. G. S. **Usos e apropriações do lugar sagrado nas especificidades das festas/espetáculos na Capela da Saudade em Uberlândia (MG) e na Igreja da Madeleine em Paris (França)**. 2018. 170 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28309/3/UsosApropriacoesLugar.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

SILVA, T. G. N., COSTA GAMA, R., TEIXEIRA, L. G., SANTOS, G. R., SOUSA, R. M., SOUZA, P. B. Diagnóstico ambiental de uma área de proteção permanente (APP), Formoso do Araguaia–TO. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Betim, v.16, n. 2, 2018. Disponível em:

http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4619/pdf_813. Acesso em: 20 out. 2020. <https://doi.org/10.5892/ruvrd.v16i2.4619>

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M.; RABELO, F. D. B.; LANDIM NETO, F. O. PROJEÇÃO DE CENÁRIOS COMO PERSPECTIVA PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL: UM ESTUDO CONCEITUAL. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 144–166, 2021. Disponível em:

//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/783. Acesso em: 5 mar. 2023.
<https://doi.org/10.35701/rcgs.v23.783>

SOARES, A. M. **A dinâmica hidrológica na bacia do alto Uberabinha em Minas Gerais**. 2008. 227 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15910/1/DinamicaHidrologicaBacia.pdf>.
Acesso em: 16 ago. 2020.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas. Métodos em questão**. n. 16. São Paulo: IG-USP, 1977.

SOTO, M. A. A. **Estudo da condutividade hidráulica em solos não saturados**. 1999. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em:
https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-12062018-163542/publico/Dissert_AlfaroSoto_MiguelA.pdf. Acesso em: 20 ago. 2020.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentável das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, nov./dez. 2000. Disponível em: http://www.deg.ufla.br/setores/engenharia_agua_solo/Bacias%20-%20Artigo%20Informe%20Agropecuario.pdf >. Acesso em: março 2012.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAES, J. O. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE. 2000.

SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de Campo em Geografia. **Geographia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 7, p. 64-68, 2002. Disponível em:
<https://periodicos.uff.br/geographia/article/view/13423/8623>. Acesso: 10 de nov. 2020.
<https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2002.47.a13423>

TAGLIANI, C. R. A. **A mineração na porção média da planície costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado**. 2002. 252 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em:
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3274/000335057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico físico-ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do rio Passaúna em Araucária -PR**. 2008. 105p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008. Disponível em:
<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/15140/DISSERTA%c3%87%c3%83%20TAMANINI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 mar. 2021.

TAUK, S. M. (org). **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo. Ed. UNESP, 1991.

TEIXEIRA, R. S.; VENDRAME, P. R. S.; CRISTONI, A. R. F.; SILVA, P. R. C. QUÍMICA E MINERALOGIA DE UM SOLO DESENVOLVIDO DE BASALTO, COLETADO ATRAVÉS DE SONDAÇÃO SPT. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 116-126, 23 dez. 2016. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/28948/pdf>. Acesso em: 15 dez. 2023. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v34i2.28948>

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampliada. Brasília, D.F. **Embrapa**, 2017. 573 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1087312/1/Pt2Cap1pHdosolo.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2020.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~edugeo/GB082/Bibliografia/Tricart_Ecodinamica.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

TROMBETA, L. R. **Gestão das águas, planejamento de bacias hidrográficas e paisagem: proposta metodológica aplicada na unidade de gestão de recursos hídricos Paranapanema, Brasil**. 2019. 274p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Presidente Prudente, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/bff0ea89-ed43-4ce3-b7e0-d7310b166bc8/download>. Acesso em: 16 out. 2020.

TROMBETA, L. R. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil**. 2015. 205f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/4010af2e-0ea3-4bda-8c48-fce93e7cc50b/download>. Acesso em: 12 ago. 2020.

TROMBETA, L. R.; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental e Geoecologia das Paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do Córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. **Revista Formação (ONLINE)** v. 3, n. 23, p.187-216, mai./ago. 2016. Acesso: 10 ago. 2022. <https://doi.org/10.33081/formacao.v3i23.4026>

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

TUCCI, C. M.; Drenagem Urbana. **Revista Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 55, n. 4, p. 1–2, 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v55n4/a20v55n4.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

TUCCI, C. M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 14, n. 12, p. 1–16, 2017. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/198/802534ee73e99bcb48c662546a9f2f9e3_fbb8585ef27dacdc1075b1e435cb19e3.pdf. Acesso em: 27 set. 2020.

UBERLÂNDIA (Município). Secretaria de Planejamento Urbano. **Banco de Dados Integrados – BDI 2021**. Vol. 1. Disponível em: <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Macrozoneamento-do-Municipio-de-Uberlandia-2020-Setembro-2020.pdf>. Acesso em: 4 set. 2021.

UBERLÂNDIA (Município). Secretaria de Planejamento Urbano. **Banco de Dados Integrados – BDI 2021**. Vol. 1. Disponível em: <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/Mapa-Base-2021.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

UBERLÂNDIA. Lei Complementar n.432 de 19 de outubro de 2006. **Aprova o Plano Diretor do Município de Uberlândia**, estabelece os princípios básicos e as diretrizes para sua implantação, revoga a Lei Complementar n. 078 de 27 de abril de 1994 e dá outras providências. Disponível em: <http://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-uberlandia-mg>. Acesso em: 20 jul. 2022.

UBERLÂNDIA, Lei n.º 13.416, de 16 de dezembro de 2020. Institui a Política Municipal de Segurança Hídrica e Gestão das Águas no município de Uberlândia. **Câmara Municipal**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2020/1342/13416/lei-ordinaria-n-13416-2020-institui-a-politica-municipal-de-seguranca-hidrica-e-gestao-das-aguas-no-municipio-de-uberlandia>. Acesso em: 10 dez. 2022.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. 1. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005.

VEYRET, Y. (org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2007.

VEYRET, Y; RICHEMOND, N. M. O risco, os riscos, *In*: VEYRET, Y (org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p.23-79.

VEYRET, Y; RICHEMOND, N. M. Os tipos de riscos. *In*: VEYRET, Y (org.) **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p. 63-80.

VIEIRA, D. L, M. *et al.* **Métodos de recomposição da vegetação nativa**. Brasília-DF: **Embrapa**, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063546/metodos-de-recomposicao-da-vegetacao-nativa>. Acesso em: 26 dez. 2023.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAW-Hill do Brasil, 1975.

VIZZOTTO, V. R.; MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 965-969, dez. 2000. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/331/33113580007.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782000000600007>

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1. 3. ed. Belo Horizonte (MG): Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. v. 7, 1. ed. Belo Horizonte (MG): Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WIETHOLTER, S.; MINELLA, E. **Manejo do solo e adubação - Manejo e conservação do solo**. Brasília-DF: **Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cevada/producao/manejo-do-solo-e-adubacao>. Acesso em: 15 dez. 2023.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para condições brasileiras**. 1987. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-19092019-101848/pt-br.php>. Acesso em: 16 ago. 2020.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE A – Resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas superficiais (Campanhas/Legislação)

| PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM AGOSTO DE 2022 E SEUS LIMITES DE ACORDO COM A PORTARIA n.º 888 DO GM/MS DE 2021 | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | RESULTADOS/PONTOS | | | | | | | | Padrões Portaria n.º 888 do GM/ MS, 2021 |
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | |
| Coliformes Totais (UFC/mL) | 04.08.2022 | 5,05 x 10 ³ = 5050 | 139,60 | 920,80 | 325,5 | 83,3 | 579,4 | 613,1 | 204,6 | Ausência em 100mL |
| Coliformes Termotolerantes (UFC/mL) | | 540 | 90 | 40 | 149 | 28 | 180 | 260 | 10 | Ausência em 100mL |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL) | | 300 | 21,6 | 7,4 | 81,6 | 8,6 | 156,5 | 117,8 | 7,5 | Ausência em 100mL |
| pH | | 6,15 | 6,73 | 6,12 | 6,09 | 6,64 | 7,14 | 6,16 | 6,85 | 6,00 a 9,00 |
| Temperatura (°C) | | 18,2 | 22,9 | 19,2 | 22,9 | 20,2 | 19,9 | 21,1 | 20,4 | x |
| Cor aparente (mg Pt/l) | | 16 | 14 | 18 | 22 | 21 | 14 | 5 | 8 | 15,00 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | | 1,96 | 2,52 | 2,52 | 1,96 | 2,24 | 1,96 | 1,96 | 2,24 | x |
| Sólidos Totais (mg/L) | | 46,00 | 48,00 | 38,00 | 18,00 | 48,00 | 36,00 | 84,00 | 40,00 | x |
| Turbidez (NTU) | | 3,43 | 6,67 | 7,02 | 9,07 | 11,77 | 6,25 | 1,81 | 0,81 | 5,00 |
| Fósforo Total (mg/L) | | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | x |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) | 3,30 | 118,70 | 3,44 | 2,22 | 2,18 | 2,14 | < 2,0 | < 2,0 | x | |
| Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) | 4,6 | 7,2 | 6,20 | 6,7 | 7,5 | 7,5 | 7,1 | 7,0 | x | |

| PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM AGOSTO DE 2022 E SEUS LIMITES DE ACORDO COM A DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - CLASSE II | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | RESULTADOS/PONTOS | | | | | | | | Padrões DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II |
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|----------------------------------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|---|
| Coliformes Totais (UFC/mL) | 04.08.2022 | 5,05 x 10 ³ = 5050 | 139,60 | 920,80 | 325,5 | 83,3 | 579,4 | 613,1 | 204,6 | x |
|----------------------------|------------|----------------------------------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|---|

| | | | | | | | | | |
|--|------------|---------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---|
| Coliformes Termotolerantes (UFC/mL) | 540 | 90 | 40 | 149 | 28 | 180 | 260 | 10 | Até 1000 NMP, para 6 amostras em 01 ano |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL) | 300 | 21,6 | 7,4 | 81,6 | 8,6 | 156,5 | 117,8 | 7,5 | x |
| pH | 6,15 | 6,73 | 6,12 | 6,09 | 6,64 | 7,14 | 6,16 | 6,85 | 6,00 a 9,00 |
| Temperatura (°C) | 18,2 | 22,9 | 19,2 | 22,9 | 20,2 | 19,9 | 21,1 | 20,4 | x |
| Cor aparente (mg Pt/l) | 16 | 14 | 18 | 22 | 21 | 14 | 5 | 8 | 75,00 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | 1,96 | 2,52 | 2,52 | 1,96 | 2,24 | 1,96 | 1,96 | 2,24 | x |
| Sólidos Totais (mg/L) | 46,00 | 48,00 | 38,00 | 18,00 | 48,00 | 36,00 | 84,00 | 40,00 | x |
| Turbidez (NTU) | 3,43 | 6,67 | 7,02 | 9,07 | 11,77 | 6,25 | 1,81 | 0,81 | 100,00 |
| Fósforo Total (mg/L) | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,05 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) | 3,30 | 118,70 | 3,44 | 2,22 | 2,18 | 2,14 | < 2,0 | < 2,0 | 5,0 |
| Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) | 4,6 | 7,2 | 6,20 | 6,7 | 7,5 | 7,5 | 7,1 | 7,0 | Mínimo de 5,0 |

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM MARÇO DE 2023 E SEUS LIMITES DE ACORDO COM A PORTARIA n.º 888 DO GM/MS DE 2021

| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | RESULTADOS/PONTOS | | | | | | | | Padrões Portaria n.º 888 do GM/ MS, 2021 |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|--|
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | |
| Coliformes Totais (UFC/mL) | 01.03.2023 | 3870 | 933 | 1850 | 4336 | 4540 | 5790 | 609 | 2750 | Ausência em 100mL |
| Coliformes Termotolerantes (UFC/mL) | | 67 | 8 | 190 | 48 | 250 | 440 | 72 | 180 | x |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL) | | 20 | <1 | 100 | 35,9 | 185 | 359 | 41 | 31,5 | Ausência em 100mL |
| pH | | 5,99 | 6,74 | 6,16 | 6,04 | 6,53 | 6,55 | 6,31 | 6,69 | 6,00 a 9,00 |
| Temperatura (°C) | | 24,1 | 26,8 | 22,3 | 26,9 | 23,7 | 25,2 | 24,2 | 24,2 | x |
| Cor aparente (mg Pt/l) | | 43 | 21 | 45 | 54 | 37 | 33 | 10 | 26 | 15,00 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | | 1,12 | 1,96 | 1,12 | 3,92 | 3,36 | 3,64 | 3,08 | 1,68 | x |
| Sólidos Totais (mg/L) | | 22,0 | 50,0 | 34,0 | 10,0 | 34,0 | 66,0 | 92,0 | <10,0 | x |

| | | | | | | | | | |
|--|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|
| Turbidez (NTU) | 21,7 | 20,7 | 36,8 | 39,7 | 37,0 | 33,0 | 22,6 | 26,8 | 5,00 |
| Fósforo Total (mg/L) | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | x |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) | 2,21 | 2,96 | 2,13 | 2,87 | 3,02 | 2,90 | 2,47 | 2,78 | x |
| Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) | 3,5 | 6,1 | 5,1 | 5,0 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,5 | x |

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS EM MARÇO DE 2023 E SEUS LIMITES DE ACORDO COM A DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - CLASSE II.

| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | RESULTADOS/PONTOS | | | | | | | | Padrões DN COPAM CERH MG n.º 08/2022 - Classe II |
|--|------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|--|
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | |
| Coliformes Totais (UFC/mL) | 01.03.2023 | 3870 | 933 | 1850 | 4336 | 4540 | 5790 | 609 | 2750 | x |
| Coliformes Termotolerantes (UFC/mL) | | 67 | 8 | 190 | 48 | 250 | 440 | 72 | 180 | Até 1000 NMP, para 6 amostras em 01 ano |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/mL) | | 20 | <1 | 100 | 35,9 | 185 | 359 | 41 | 31,5 | x |
| pH | | 5,99 | 6,74 | 6,16 | 6,04 | 6,53 | 6,55 | 6,31 | 6,69 | 6,00 a 9,00 |
| Temperatura (°C) | | 24,1 | 26,8 | 22,3 | 26,9 | 23,7 | 25,2 | 24,2 | 24,2 | x |
| Cor aparente (mg Pt/l) | | 43 | 21 | 45 | 54 | 37 | 33 | 10 | 26 | 75,00 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | | 1,12 | 1,96 | 1,12 | 3,92 | 3,36 | 3,64 | 3,08 | 1,68 | x |
| Sólidos Totais (mg/L) | | 22,0 | 50,0 | 34,0 | 10,0 | 34,0 | 66,0 | 92,0 | <10,0 | x |
| Turbidez (NTU) | | 21,7 | 20,7 | 36,8 | 39,7 | 37,0 | 33,0 | 22,6 | 26,8 | 100,00 |
| Fósforo Total (mg/L) | | < 0,01 | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,02 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0,05 |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgO ₂ /L) | | 2,21 | 2,96 | 2,13 | 2,87 | 3,02 | 2,90 | 2,47 | 2,78 | 5,0 |
| Oxigênio Dissolvido (mgO ₂ /L) | 3,5 | 6,1 | 5,1 | 5,0 | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 6,5 | Mínimo de 5,0 | |

Fonte: A pesquisa. Ensaio laboratoriais realizados pelo Laboratório de Ensaio em Alimentos e Meio Ambiente – LAMAM do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e pelo laboratório Triângulo Lab Ltda.

APÊNDICE B – Resultados dos óxidos nos ensaios em sedimentos fluviais (Campanhas/Legislação)

| CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA ÓXIDOS: CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS REALIZADAS EM 04/08/2022 E 01/03/2023 | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|---------|---|---------|
| Parâmetro analisado | CAMPANHAS | Pontos | | | | | | | | Padrões da Resolução CONAMA n.º 420, 2009, qualidade do solo | | Padrões da Resolução CONAMA 454, 2012, água doce(dragado) | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Agríc. | Indust. | Agríc. | Indust. |
| Dióxido de silício (sílica– SiO2) % | 04/08/2022 | 40,4 | 24,9 | 39,5 | 58,9 | 24 | 32 | 31 | 38,6 | x | x | x | x |
| Oxido de alumínio (Al2O3) % | | 15,4 | 24,3 | 27,9 | 13,6 | 24,2 | 17,6 | 18,4 | 17,2 | x | x | x | x |
| Oxido de ferro (Fe2O3) % | | 19,2 | 27,2 | 7,19 | 9,49 | 24,1 | 21,7 | 22,5 | 21,2 | x | x | x | x |
| Oxido de cálcio (CaO) % | | 0,1 | 0,13 | 0,19 | 0,06 | 0,08 | 0,28 | 0,12 | 0,19 | x | x | x | x |
| Oxido de magnésio (MgO) % | | 0,21 | 0,36 | 0,3 | 0,16 | 0,23 | 0,5 | 0,19 | 0,31 | x | x | x | x |
| Dióxido de titânio (TiO2) % | | 6,16 | 7,75 | 9,81 | 3,46 | 8,3 | 8,51 | 6,17 | 7,51 | x | x | x | x |
| Pentóxido de fósforo (P2O5) % | | 0,24 | 0,41 | 0,21 | 0,14 | 0,29 | 0,3 | 0,33 | 0,28 | x | x | x | x |
| Oxido de sódio (Na2O) % | | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | x | x | x | x |
| Oxido de potássio (K2O) % | | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,24 | 0,05 | 0,08 | x | x | x | x |
| Oxido de manganês (MnO) % | | 0,13 | 0,26 | 0,07 | 0,08 | 0,13 | 0,2 | 0,14 | 0,19 | x | x | x | x |
| LOI %: (“Loss on. Ignition”) | 17,61 | 14,44 | 13,59 | 12,16 | 17,68 | 18,41 | 21,27 | 14,65 | x | x | x | x | |
| Dióxido de silício (sílica– SiO2) % | 01/03/2023 | 84,8 | 39,0 | 52,3 | 80,0 | 57,6 | 49,0 | 61,1 | 64,6 | x | x | x | x |
| Oxido de alumínio (Al2O3) % | | 4,63 | 20,8 | 21,0 | 7,39 | 14,8 | 15,4 | 11,9 | 10,6 | x | x | x | x |
| Oxido de ferro (Fe2O3) % | | 5,01 | 20,6 | 6,46 | 3,53 | 13,1 | 17,6 | 13,8 | 12,7 | x | x | x | x |
| Oxido de cálcio (CaO) % | | 0,64 | 0,11 | 0,28 | 0,07 | 0,09 | 0,17 | 0,09 | 0,13 | x | x | x | x |
| Oxido de magnésio (MgO) % | | 0,20 | 0,19 | 0,23 | 0,11 | 0,19 | 0,34 | 0,14 | 0,19 | x | x | x | x |
| Dióxido de titânio (TiO2) % | | 1,26 | 5,29 | 4,10 | 1,46 | 4,51 | 5,67 | 3,35 | 3,07 | x | x | x | x |
| Pentóxido de fósforo (P2O5) % | | 0,06 | 0,25 | 0,29 | 0,09 | 0,19 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | x | x | x | x |
| Oxido de sódio (Na2O) % | | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | x | x | x | x |
| Oxido de potássio (K2O) % | | 0,08 | 0,06 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,024 | 0,04 | 0,06 | x | x | x | x |
| Oxido de manganês (MnO) % | | 0,04 | 0,16 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,14 | 0,08 | 0,11 | x | x | x | x |
| LOI %: (“Loss on. Ignition”) | 3,92 | 12,68 | 15,78 | 6,33 | 8,69 | 12,61 | 9,55 | 7,11 | x | x | x | x | |

Fonte: A pesquisa. Ensaios laboratoriais realizados pelo Laboratório SGS GEOSOL Laboratórios Ltda.

APÊNDICE C – Resultados da concentração de metais pesados nos ensaios em sedimentos fluviais (Campanhas/Legislação)

| CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS, NOS PONTOS AMOSTRADOS EM AGOSTO DE 2022, E PADRÕES DA RESOLUÇÃO DO CONAMA n.º 420/2009 | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|---------|
| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | Resultados | | | | | | | | Padrões da Resolução CONAMA 420, 2009, qualidade do solo | |
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | Agríc. | Indust. |
| | | | | | | | | | | | |
| Alumínio: Al % | 04.08.2022 | 2,81 | 2,85 | 2,96 | 4,05 | 2,95 | 3,35 | 2,51 | 3,24 | x | x |
| Antimônio: Sb mg/kg | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | 5 | 25 |
| Arsênio: As mg/kg | | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 35 | 150 |
| Bário: Ba mg/kg | | 95 | 143 | 213 | 96 | 62 | 177 | 91 | 161 | 300 | 750 |
| Berílio: Be mg/kg | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x |
| Bismuto: Bi mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x |
| Cádmio: Cd mg/kg | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 3 | 20 |
| Cálcio: Ca % | | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,1 | 0,04 | 0,07 | x | x |
| Chumbo: Pb mg/kg | | 12 | 10 | 15 | 23 | <8 | <8 | 13 | 9 | 180 | 900 |
| Cobalto: Co mg/kg | | 18 | 48 | 21 | 8 | 36 | 44 | 28 | 37 | 35 | 90 |
| Cobre: Cu mg/kg | | 86 | 295 | 331 | 190 | 192 | 188 | 114 | 156 | 200 | 600 |
| Cromo: Cr mg/kg | | 117 | 99 | 116 | 114 | 113 | 82 | 90 | 88 | 150 | 400 |
| Enxofre: S % | | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | x | x |
| Escândio: Sc mg/kg | | 10 | 13 | 14 | 10 | 13 | 15 | 10 | 14 | x | x |
| Estanho: Sn mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Estrôncio: Sr mg/kg | | 29 | 27 | 40 | 30 | 23 | 42 | 23 | 33 | x | x |
| Ferro: Fe % | | 11,09 | >15 | 3,53 | 6,14 | 13,49 | 13,5 | 12,56 | 12,6 | x | x |
| Fósforo: P % | | 0,08 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,09 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | x | x |
| Ítrio: Y mg/kg | | 5 | 12 | 26 | 10 | 8 | 14 | 46 | 14 | x | x |
| Lantânio: La mg/kg | | <20 | <20 | 44 | 36 | <20 | <20 | 58 | 20 | x | x |
| Lítio: Li mg/kg | <3 | <3 | 14 | <3 | <3 | 6 | <3 | 5 | x | x | |
| Magnésio: Mg % | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 0,07 | x | x | |
| Manganês: Mn mg/kg | 0,09 | 0,15 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,14 | 0,08 | 0,13 | x | x | |
| Molibdênio: Mo mg/kg | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | 50 | 120 | |
| Níquel: Ni mg/kg | 23 | 89 | 97 | 15 | 51 | 50 | 29 | 43 | 70 | 130 | |
| Potássio: K % | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 0,2 | 0,04 | 0,07 | x | x | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|-----------|------------|-------------|
| Prata: Ag % | 04.08.2022 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 25 | 100 | |
| Selênio: Se mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Sódio: Na % | | <0,01 | <0,01 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | x | x |
| Tálio: Tl mg/kg | | 2,72 | 3,7 | 4,5 | 1,64 | 3,82 | 4,07 | 2,52 | 3,29 | 3,29 | x | x |
| Titânio: Ti % | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Tório: Th mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Tungstênio: W mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Urânio: U mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Vanádio: V mg/kg | | 389 | 733 | 514 | 224 | 650 | 598 | 437 | 519 | 519 | x | 1000 |
| Zinco: Zn mg/kg | | 71 | 127 | 115 | 101 | 86 | 135 | 83 | 106 | 106 | 450 | 2000 |
| Zircônio: Zr mg/kg | | 213 | 299 | 384 | 186 | 296 | 274 | 213 | 249 | 249 | x | x |
| Carbono: C % | | 3,75 | 1,14 | 0,89 | 2,49 | 2,42 | 3,20 | 3,35 | 2,48 | 2,48 | 10 | |

CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS, NOS PONTOS AMOSTRADOS EM MARÇO DE 2023, E PADRÕES DA RESOLUÇÃO DO CONAMA n.º 420/2009

| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | Resultados | | | | | | | | Padrões da Resolução CONAMA 420, 2009, qualidade do solo | |
|---------------------|------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|---------|
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | Agríc. | Indust. |
| | | Alumínio: Al % | 2,40 | 7,70 | 8,59 | 3,97 | 7,15 | 7,54 | 6,12 | 5,54 | x |
| Antimônio: Sb mg/kg | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 5 | 25 | |
| Arsênio: As mg/kg | 14 | 21 | 19 | 13 | 19 | 18 | 20 | 17 | 35 | 150 | |
| Bário: Ba mg/kg | 60 | 79 | 203 | 36 | 69 | 163 | 63 | 110 | 300 | 750 | |
| Berílio: Be mg/kg | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x | |
| Bismuto: Bi mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | |
| Cádmio: Cd mg/kg | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 3 | 20 | |
| Cálcio: Ca % | 0,45 | 0,06 | 0,17 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,06 | 0,09 | x | x | |
| Chumbo: Pb mg/kg | < 8 | 8 | 22 | 10 | 8 | 8 | 10 | < 8 | 180 | 900 | |
| Cobalto: Co mg/kg | <8 | 49 | 16 | < 8 | 22 | 38 | 21 | 27 | 35 | 90 | |
| Cobre: Cu mg/kg | 19 | 257 | 167 | 30 | 126 | 143 | 90 | 93 | 200 | 600 | |
| Cromo: Cr mg/kg | 50 | 80 | 93 | 42 | 82 | 78 | 78 | 65 | 150 | 400 | |
| Enxofre: S % | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | x | x | |
| Escândio: Sc mg/kg | 7 | 33 | 32 | 11 | 29 | 31 | 24 | 21 | x | x | |
| Estanho: Sn mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | |
| Estrôncio: Sr mg/kg | 26 | 9 | 33 | 9 | 11 | 22 | 12 | 14 | x | x | |
| Ferro: Fe % | 3,48 | 13,09 | 4,19 | 2,52 | 8,91 | 11,76 | 9,48 | 8,78 | x | x | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|------|-----------|------|--------|------|------|------|------|-----------|------|
| Fósforo:P % | 01.03.2023 | 0,02 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | x | x |
| Ítrio: Y mg/kg | | 4 | 18 | 61 | 11 | 16 | 24 | 48 | 13 | x | x |
| Lantânio: La mg/kg | | < 20 | 26 | 116 | 27 | 24 | 33 | 63 | < 20 | x | x |
| Lítio: Li mg/kg | | 6 | < 3 | 10 | < 3 | 3 | 6 | < 3 | 4 | x | x |
| Magnésio: Mg % | | 0,07 | 0,06 | 0,10 | 0,03 | 0,07 | 0,16 | 0,05 | 0,08 | x | x |
| Manganês: Mn mg/kg | | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | x | x |
| Molibdênio: Mo mg/kg | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 50 | 120 |
| Níquel: Ni mg/kg | | 9 | 73 | 58 | 11 | 43 | 49 | 27 | 36 | 70 | 130 |
| Potássio: K % | | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,22 | 0,06 | 0,08 | x | x |
| Prata: Ag % | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 25 | 100 |
| Prata: Ag % | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 25 | 100 |
| Selênio: Se mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x |
| Sódio: Na % | | 0,03 | 0,01 | 0,03 | < 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | x | x |
| Tálio: Tl mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x |
| Titânio: Ti % | | 0,68 | 2,80 | 2,02 | 0,67 | 2,00 | 2,45 | 1,38 | 1,31 | x | x |
| Tório: Th mg/kg | | < 20 | 42 | 50 | < 20 | 35 | 47 | 30 | 30 | x | x |
| Tungstênio: W mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x |
| Urânio: U mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x |
| Vanádio: V mg/kg | | 111 | 536 | 291 | 102 | 347 | 414 | 286 | 271 | x | 1000 |
| Zinco: Zn mg/kg | | 37 | 91 | 87 | 22 | 69 | 107 | 58 | 73 | 450 | 2000 |
| Zircônio: Zr mg/kg | 77 | 314 | 256 | 90 | 209 | 238 | 166 | 155 | x | x | |
| Carbono: C % | 1,17 | 1,12 | 3,57 | 1,64 | 1,15 | 2,64 | 1,84 | 0,95 | 10 | | |

CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS, NOS PONTOS AMOSTRADOS EM AGOSTO DE 2022, E PADRÕES DA RESOLUÇÃO DO CONAMA n.º 454/2012

| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | Resultados | | | | | | | | Padrões da Resolução CONAMA 454/2012, água doce (dragado) | |
|---------------------|------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---------|
| | | Ponto 1 | Ponto 2 | Ponto 3 | Ponto 4 | Ponto 5 | Ponto 6 | Ponto 7 | Ponto 8 | Nível 1 | Nível 2 |
| | | Alumínio: Al % | 2,81 | 2,85 | 2,96 | 4,05 | 2,95 | 3,35 | 2,51 | 3,24 | x |
| Antimônio: Sb mg/kg | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | x | x | |
| Arsênio: As mg/kg | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 5,9 | 17 | |
| Bário: Ba mg/kg | 95 | 143 | 213 | 96 | 62 | 177 | 91 | 161 | x | x | |
| Berílio: Be mg/kg | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x | |
| Bismuto: Bi mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | |
| Cádmio: Cd mg/kg | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 0,6 | 3,51 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|------|
| Cálcio: Ca % | 04.08.2022 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,1 | 0,04 | 0,07 | x | x |
| Chumbo: Pb mg/kg | | 12 | 10 | 15 | 23 | <8 | <8 | 13 | 9 | 35 | 91,3 |
| Cobalto: Co mg/kg | | 18 | 48 | 21 | 8 | 36 | 44 | 28 | 37 | x | x |
| Cobre: Cu mg/kg | | 86 | 295 | 331 | 190 | 192 | 188 | 114 | 156 | 35,7 | 197 |
| Cromo: Cr mg/kg | | 117 | 99 | 116 | 114 | 113 | 82 | 90 | 88 | 37,3 | 90 |
| Enxofre: S % | | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | <0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | x | x |
| Escândio: Sc mg/kg | | 10 | 13 | 14 | 10 | 13 | 15 | 10 | 14 | x | x |
| Estanho: Sn mg/kg | | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x |
| Estrôncio: Sr mg/kg | | 29 | 27 | 40 | 30 | 23 | 42 | 23 | 33 | x | x |
| Ferro: Fe % | | 11,09 | >15 | 3,53 | 6,14 | 13,49 | 13,5 | 12,56 | 12,6 | x | x |
| Fósforo: P % | | 0,08 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,09 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | x | x |
| Ítrio: Y mg/kg | | 5 | 12 | 26 | 10 | 8 | 14 | 46 | 14 | x | x |
| Lantânio: La mg/kg | | <20 | <20 | 44 | 36 | <20 | <20 | 58 | 20 | x | x |
| Lítio: Li mg/kg | | <3 | <3 | 14 | <3 | <3 | 6 | <3 | 5 | x | x |
| Magnésio: Mg % | | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 0,07 | x | x |
| Manganês: Mn mg/kg | | 0,09 | 0,15 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,14 | 0,08 | 0,13 | x | x |
| Molibdênio: Mo mg/kg | | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | x | x |
| Níquel: Ni mg/kg | | 23 | 89 | 97 | 15 | 51 | 50 | 29 | 43 | 18 | 35,9 |
| Potássio: K % | | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,04 | 0,2 | 0,04 | 0,07 | x | x |
| Prata: Ag % | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | x | x | |
| Selênio: Se mg/kg | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x | |
| Sódio: Na % | <0,01 | <0,01 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | 0,04 | <0,01 | <0,01 | x | x | |
| Tálio: Tl mg/kg | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x | |
| Titânio: Ti % | 2,72 | 3,7 | 4,5 | 1,64 | 3,82 | 4,07 | 2,52 | 3,29 | x | x | |
| Tório: Th mg/kg | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x | |
| Tungstênio: W mg/kg | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x | |
| Urânio: U mg/kg | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 | x | x | |
| Vanádio: V mg/kg | 389 | 733 | 514 | 224 | 650 | 598 | 437 | 519 | x | x | |
| Zinco: Zn mg/kg | 71 | 127 | 115 | 101 | 86 | 135 | 83 | 106 | 123 | 315 | |
| Zircônio: Zr mg/kg | 213 | 299 | 384 | 186 | 296 | 274 | 213 | 249 | x | x | |
| Carbono: C % | 3,75 | 1,14 | 0,89 | 2,49 | 2,42 | 3,20 | 3,35 | 2,48 | 10 | | |
| CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS, NOS PONTOS AMOSTRADOS EM MARÇO DE 2023, E PADRÕES DA RESOLUÇÃO DO CONAMA n.º 454/2012 | | | | | | | | | | | |
| Parâmetro analisado | Campanha de amostragem | Resultados | | | | | | | | Padrões da Resolução CONAMA | |
| | | Ponto | Ponto | Ponto | Ponto | Ponto | Ponto | Ponto | Ponto | | |

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 454/2012, água doce (dragado) | | |
|----------------------|------------|------|-------|--------|------|------|-------|------|------|----------------------------------|---------|---|
| | | | | | | | | | | Nível 1 | Nível 2 | |
| Alumínio: Al % | 01.03.2023 | 2,40 | 7,70 | 8,59 | 3,97 | 7,15 | 7,54 | 6,12 | 5,54 | x | x | |
| Antimônio: Sb mg/kg | | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | x | x |
| Arsênio: As mg/kg | | 14 | 21 | 19 | 13 | 19 | 18 | 20 | 17 | 5,9 | 17 | |
| Bário: Ba mg/kg | | 60 | 79 | 203 | 36 | 69 | 163 | 63 | 110 | x | x | |
| Berílio: Be mg/kg | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x | |
| Bismuto: Bi mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | |
| Cádmio: Cd mg/kg | | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | 0,6 | 3,51 | |
| Cálcio: Ca % | | 0,45 | 0,06 | 0,17 | 0,04 | 0,07 | 0,11 | 0,06 | 0,09 | x | x | |
| Chumbo: Pb mg/kg | | < 8 | 8 | 22 | 10 | 8 | 8 | 10 | < 8 | 35 | 91,3 | |
| Cobalto: Co mg/kg | | < 8 | 49 | 16 | < 8 | 22 | 38 | 21 | 27 | x | x | |
| Cobre: Cu mg/kg | | 19 | 257 | 167 | 30 | 126 | 143 | 90 | 93 | 35,7 | 197 | |
| Cromo: Cr mg/kg | | 50 | 80 | 93 | 42 | 82 | 78 | 78 | 65 | 37,3 | 90 | |
| Enxofre: S % | | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | x | x | |
| Escândio: Sc mg/kg | | 7 | 33 | 32 | 11 | 29 | 31 | 24 | 21 | x | x | |
| Estanho: Sn mg/kg | | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | |
| Estrôncio: Sr mg/kg | | 26 | 9 | 33 | 9 | 11 | 22 | 12 | 14 | x | x | |
| Ferro: Fe % | | 3,48 | 13,09 | 4,19 | 2,52 | 8,91 | 11,76 | 9,48 | 8,78 | x | x | |
| Fósforo:P % | | 0,02 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | x | x | |
| Ítrio: Y mg/kg | | 4 | 18 | 61 | 11 | 16 | 24 | 48 | 13 | x | x | |
| Lantânio: La mg/kg | | < 20 | 26 | 116 | 27 | 24 | 33 | 63 | < 20 | x | x | |
| Lítio: Li mg/kg | 6 | < 3 | 10 | < 3 | 3 | 6 | < 3 | 4 | x | x | | |
| Magnésio: Mg % | 0,07 | 0,06 | 0,10 | 0,03 | 0,07 | 0,16 | 0,05 | 0,08 | x | x | | |
| Manganês: Mn mg/kg | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,08 | x | x | | |
| Molibdênio: Mo mg/kg | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x | | |
| Níquel: Ni mg/kg | 9 | 73 | 58 | 11 | 43 | 49 | 27 | 36 | 18 | 35,9 | | |
| Potássio: K % | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,22 | 0,06 | 0,08 | x | x | | |
| Prata: Ag % | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | < 3 | x | x | | |
| Selênio: Se mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | | |
| Sódio: Na % | 0,03 | 0,01 | 0,03 | < 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | x | x | | |
| Tálio: Tl mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | | |
| Titânio: Ti % | 0,68 | 2,80 | 2,02 | 0,67 | 2,00 | 2,45 | 1,38 | 1,31 | x | x | | |
| Tório: Th mg/kg | < 20 | 42 | 50 | < 20 | 35 | 47 | 30 | 30 | x | x | | |
| Tungstênio: W mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | | |
| Urânio: U mg/kg | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | x | x | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------------|
| Vanádio: V mg/kg | | 111 | 536 | 291 | 102 | 347 | 414 | 286 | 271 | x | x |
| Zinco: Zn mg/kg | | 37 | 91 | 87 | 22 | 69 | 107 | 58 | 73 | 123 | 315 |
| Zircônio: Zr mg/kg | | 77 | 314 | 256 | 90 | 209 | 238 | 166 | 155 | x | x |
| Carbono: C % | | 1,17 | 1,12 | 3,57 | 1,64 | 1,15 | 2,64 | 1,84 | 0,95 | 10 | |

Fonte: A pesquisa. Ensaio laboratoriais realizados pelo Laboratório SGS GEOSOL Laboratórios Ltda.

OBS.: Destaques em amarelo referem-se aos valores acima do Nível 1 e dentro do Nível 2, enquanto em vermelho estão destacados os valores acima do Nível 2, seguindo os padrões instituídos pela Resolução CONAMA n.º 454/2012.

APÊNDICE D – Resultados das análises granulométricas dos pontos amostrados nas BHCBVT

| PONTOS/ AMOSTRAS | P | Ar | Si | Ag | Classe Textural (teor de argila - SiBCS) | Coord. UTM | PONTOS/ AMOSTRAS | P | Ar | Si | Ag | Classe Textural (teor de argila - SiBCS) | Coord. UTM |
|-----------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|---|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|---|-----------------------|
| 1 – 0-20 cm | | 25,3 | 13,6 | 61,1 | Muito argiloso | 802409 | 28 – 0-20 cm | | 41,1 | 22,9 | 36,0 | Argiloso | 795481 |
| 1 – 20-40 cm | | 20,9 | 14,3 | 64,8 | Muito argiloso | 7900072 | 28 – 20-40 cm | | 19,1 | 26,7 | 54,2 | Argiloso | 7906274 |
| 1 – 40-60 cm | | 19,3 | 18,6 | 62,1 | Muito argiloso | | 28 – 40-60 cm | | 28,4 | 19,5 | 52,1 | Argiloso | |
| 1 – 60-100 cm | | 18,5 | 17,5 | 64,0 | Muito argiloso | | 28 – 60-100 | | 31,0 | 27,7 | 41,3 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 2 – 0-20 cm | | 39,1 | 11,3 | 49,6 | Argiloso | 803275 | 29 – 0-20 cm | | 19,4 | 28,1 | 52,5 | Argiloso | 796838 |
| 2 – 20-40 cm | | 42,2 | 12,3 | 45,5 | Argiloso | 7900496 | 29 – 20-40 cm | | 20,4 | 20,8 | 58,8 | Argiloso | 7908512 |
| 2 – 40-60 cm | | 46,7 | 12,5 | 40,8 | Argiloso | | 29 – 40-60 cm | | 30,1 | 16,0 | 53,9 | Argiloso | |
| 2 – 60-100 cm | | 39,1 | 16,3 | 44,6 | Argiloso | | 29 – 60-100 cm | | 16,8 | 24,7 | 58,5 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 3 – 0-20 cm | | 72,5 | 13,3 | 14,2 | Arenoso | 803265 | 30 – 0-20 cm | | 72,0 | 3,9 | 24,1 | Médio | 798667 |
| 3 – 20-40 cm | | 73,8 | 12,7 | 13,5 | Arenoso | 7901558 | 30 – 20-40 cm | | 70,9 | 5,5 | 23,6 | Médio | 7910343 |
| 3 – 40-60 cm | | 65,9 | 13,6 | 20,5 | Médio | | 30 – 40-60 cm | | 69,5 | 4,7 | 25,8 | Médio | |
| 3 – 60-100 cm | | 68,7 | 15,5 | 15,8 | Médio | | 30 – 60-100 cm | | 71,4 | 4,5 | 24,1 | Médio | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 4 – 0-20 cm | | 34,2 | 15,6 | 50,2 | Argiloso | 803697 | 31 – 0-20 cm | | 18,1 | 29,2 | 52,7 | Argiloso | 803068 |
| 4 – 20-40 cm | | 31,4 | 10,8 | 57,8 | Argiloso | 7905469 | 31 – 20-40 cm | | 17,8 | 22,8 | 59,4 | Argiloso | 7909011 |
| 4 – 40-60 cm | | 31,8 | 17,4 | 50,8 | Argiloso | | 31 – 40-60 cm | | 17,4 | 28,0 | 54,6 | Argiloso | |
| 4 – 60-100 cm | | 31,4 | 14,1 | 54,5 | Argiloso | | 31 – 60-100 cm | | 19,4 | 16,4 | 64,2 | Muito argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 5 – 0-20 cm | | 64,2 | 10,0 | 25,8 | Médio | 801572 | 32 – 0-20 cm | | 18,5 | 23,9 | 57,6 | Argiloso | 797485 |
| 5 – 20-40 cm | | 64,5 | 13,5 | 22,0 | Médio | 7903701 | 32 – 20-40 cm | | 20,7 | 19,8 | 59,5 | Argiloso | 7905787 |
| 5 – 40-60 cm | | 65,6 | 9,2 | 25,2 | Médio | | 32 – 40-60 cm | | 17,7 | 24,5 | 57,8 | Argiloso | |
| 5 – 60-100 cm | | 65,3 | 12,0 | 22,7 | Médio | | 32 – 60-100 cm | | 17,3 | 12,4 | 70,3 | Muito argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 6 – 0-20 cm | | 59,8 | 3,2 | 37,0 | Argiloso | 800965 | 33 – 0-20 cm | | 34,4 | 15,6 | 50,0 | Argiloso | 796099 |
| 6 – 20-40 cm | | 60,1 | 9,8 | 30,1 | Argiloso | 7904609 | 33 – 20-40 cm | | 24,5 | 14,7 | 60,8 | Muito argiloso | 7904353 |
| 6 – 40-60 cm | | 69,2 | 8,1 | 22,7 | Médio | | 33 – 40-60 cm | | 20,6 | 15,4 | 64,0 | Muito argiloso | |
| 6 – 60-100 cm | | 67,1 | 8,0 | 24,9 | Médio | | 33 – 60-100 cm | | 27,9 | 13,3 | 58,8 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 7 – 0-20 cm | | 58,7 | 14,1 | 27,2 | Argiloso | 800844 | 34 – 0-20 cm | | 73,1 | 13,2 | 13,7 | Arenoso | 802412 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|------|------|------|----------------|---------|----------------|--|------|------|------|----------|---------|
| 7 – 20-40 cm | | 51,8 | 17,7 | 30,5 | Argiloso | 7905371 | 34 – 20-40 cm | | 74,5 | 12,6 | 12,9 | Arenoso | 7902709 |
| 7 – 40-60 cm | | 53,0 | 13,5 | 33,5 | Argiloso | | 34 – 40-60 cm | | 68,9 | 13,6 | 17,5 | Médio | |
| 7 – 60-100 cm | | 49,4 | 11,5 | 39,1 | Argiloso | | 34 – 60-100 cm | | 69,9 | 15,9 | 14,2 | Médio | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 8 – 0-20 cm | | 21,7 | 20,0 | 58,3 | Argiloso | 798475 | 35 – 0-20 cm | | 10,8 | 44,3 | 44,9 | Argiloso | 805241 |
| 8 – 20-40 cm | | 20,8 | 18,8 | 60,4 | Muito argiloso | 7904964 | 35 – 20-40 cm | | 10,9 | 42,3 | 46,8 | Argiloso | 7907463 |
| 8 – 40-60 cm | | 22,0 | 20,2 | 57,8 | Argiloso | | 35 – 40-60 cm | | 6,3 | 46,5 | 47,2 | Argiloso | |
| 8 – 60-100 cm | | 18,3 | 21,6 | 60,1 | Muito argiloso | | 35 – 60-100 cm | | 6,9 | 43,6 | 49,5 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 9 – 0-20 cm | | 45,0 | 5,2 | 49,8 | Argiloso | 806584 | 36 – 0-20 cm | | 25,1 | 25,2 | 49,7 | Argiloso | 803884 |
| 9 – 20-40 cm | | 45,2 | 5,3 | 49,5 | Argiloso | 7900308 | 36 – 20-40 cm | | 30,1 | 27,1 | 42,8 | Argiloso | 7903840 |
| 9 – 40-60 cm | | 42,0 | 8,2 | 49,8 | Argiloso | | 36 – 40-60 cm | | 25,7 | 27,9 | 46,4 | Argiloso | |
| 9 – 60-100 cm | | 41,1 | 9,6 | 49,3 | Argiloso | | 36 – 60-100 | | 28,4 | 27,0 | 44,6 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 10 – 0-20 cm | | 45,0 | 5,3 | 49,7 | Argiloso | 806538 | 37 – 0-20 cm | | 55,2 | 26,2 | 18,6 | Médio | 803172 |
| 10 – 20-40 cm | | 45,0 | 5,4 | 49,6 | Argiloso | 7900293 | 37 – 20-40 cm | | 49,1 | 26,7 | 24,2 | Médio | 7907058 |
| 10 – 40-60 cm | | 42,0 | 8,1 | 49,9 | Argiloso | | 37 – 40-60 cm | | 48,8 | 25,9 | 25,3 | Médio | |
| 10 – 60-100 cm | | 41,1 | 9,5 | 49,4 | Argiloso | | 37 – 60-100 cm | | 57,5 | 21,2 | 21,3 | Médio | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 11 – 0-20 cm | | 81,7 | 4,2 | 14,1 | Arenoso | 806494 | 38 – 0-20 cm | | 42,4 | 19,6 | 38,0 | Argiloso | 805702 |
| 11 – 20-40 cm | | 78,7 | 4,4 | 16,9 | Médio | 7901980 | 38 – 20-40 cm | | 39,5 | 15,7 | 44,8 | Argiloso | 7901698 |
| 11 – 40-60 cm | | 79,9 | 4,2 | 15,9 | Médio | | 38 – 40-60 cm | | 37,9 | 21,6 | 40,5 | Argiloso | |
| 11 – 60-100 cm | | 84,6 | 4,1 | 11,3 | Arenoso | | 38 – 60-100 cm | | 37,3 | 24,5 | 38,2 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 12 – 0-20 cm | | 28,2 | 17,3 | 54,5 | Argiloso | 804396 | 39 – 0-20 cm | | 28,6 | 27,8 | 43,6 | Argiloso | 804355 |
| 12 – 20-40 cm | | 25,1 | 14,8 | 60,1 | Muito argiloso | 7899628 | 39 – 20-40 cm | | 35,9 | 28,9 | 35,2 | Argiloso | 7906402 |
| 12 – 40-60 cm | | 22,6 | 16,3 | 61,1 | Muito argiloso | | 39 – 40-60 cm | | 40,7 | 33,4 | 25,9 | Médio | |
| 12 – 60-100 cm | | 23,5 | 16,3 | 60,2 | Muito argiloso | | 39 – 60-100 cm | | 32,0 | 38,4 | 29,6 | Médio | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 13 – 0-20 cm | | 62,8 | 8,1 | 29,1 | Médio | 804211 | 40 – 0-20 cm | | 26,1 | 42,3 | 31,6 | Argiloso | 803607 |
| 13 – 20-40 cm | | 57,0 | 13,1 | 29,9 | Médio | 7901510 | 40 – 20-40 cm | | 14,8 | 38,5 | 46,7 | Argiloso | 7907544 |
| 13 – 40-60 cm | | 60,9 | 9,5 | 29,6 | Médio | | 40 – 40-60 cm | | 19,3 | 44,7 | 36,0 | Argiloso | |
| 13 – 60-100 cm | | 60,6 | 8,0 | 31,4 | Argiloso | | 40 – 60-100 cm | | 13,8 | 47,3 | 38,9 | Argiloso | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 14 – 0-20 cm | | 45,1 | 16,3 | 38,6 | Argiloso | 804580 | 41 – 0-20 cm | | 12,9 | 34,6 | 52,5 | Argiloso | 803549 |
| 14 – 20-40 cm | | 43,0 | 14,4 | 42,6 | Argiloso | 7901866 | 41 – 20-40 cm | | 11,2 | 43,0 | 45,8 | Argiloso | 7907841 |
| 14 – 40-60 cm | | 45,3 | 16,3 | 38,4 | Argiloso | | 41 – 40-60 cm | | 12,9 | 38,0 | 49,1 | Argiloso | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|------|------|------|----------|---------|----------------|------|------|------|------|----------------|---------|
| 14 – 60-100 cm | | 45,6 | 16,4 | 38,0 | Argiloso | | 41 – 60-100 cm | | 14,4 | 38,7 | 46,9 | Argiloso | |
| 15 – 0-20 cm | | 39,5 | 16,0 | 44,5 | Argiloso | 805742 | 42 – 0-20 cm | | 20,3 | 21,4 | 58,3 | Argiloso | 802922 |
| 15 – 20-40 cm | | 30,3 | 22,3 | 47,4 | Argiloso | 7904616 | 42 – 20-40 cm | | 17,5 | 31,9 | 50,6 | Argiloso | 7909664 |
| 15 – 40-60 cm | | 42,8 | 17,3 | 39,9 | Argiloso | | 42 – 40-60 cm | | 13,2 | 43,6 | 43,2 | Argiloso | |
| | | | | | | | 42 – 60-100 cm | | 8,3 | 43,7 | 48,0 | Argiloso | |
| 16 – 0-20 cm | | 85,9 | 2,5 | 11,6 | Arenoso | 807191 | 43 – 0-20 cm | | 30,0 | 22,8 | 47,2 | Argiloso | 801032 |
| 16 – 20-40 cm | | 78,7 | 6,5 | 14,8 | Arenoso | 7903089 | 43 – 20-40 cm | | 39,6 | 29,7 | 30,7 | Argiloso | 7911290 |
| 16 – 40-60 cm | | 79,5 | 4,1 | 16,4 | Médio | | 43 – 40-60 cm | | 38,1 | 31,4 | 30,5 | Argiloso | |
| 16 – 60-100 cm | | 76,6 | 3,8 | 19,6 | Médio | | 43 – 60-100 cm | | 46,6 | 23,1 | 30,3 | Argiloso | |
| 17 – 0-20 cm | | 25,0 | 27,8 | 47,2 | Argiloso | 801506 | 44 – 0-20 cm | | 26,4 | 27,6 | 46,0 | Argiloso | 803169 |
| 17 – 20-40 cm | | 21,0 | 27,8 | 51,2 | Argiloso | 7906095 | 44 – 20-40 cm | | 22,3 | 29,7 | 48,0 | Argiloso | 7911245 |
| 17 – 40-60 cm | | 21,2 | 25,6 | 53,2 | Argiloso | | 44 – 40-60 cm | | 22,8 | 19,0 | 58,2 | Argiloso | |
| 17 – 60-100 cm | | 29,7 | 24,0 | 46,3 | Argiloso | | 44 – 60-100 | | 22,9 | 33,4 | 43,7 | Argiloso | |
| 18 – 0-20 cm | | 29,9 | 32,9 | 37,2 | Argiloso | 802169 | 45 – 0-20 cm | | 20,9 | 19,1 | 60,0 | Muito argiloso | 794286 |
| 18 – 20-40 cm | | 25,0 | 32,7 | 42,3 | Argiloso | 7907575 | 45 – 20-40 cm | | 16,5 | 14,1 | 69,4 | Muito argiloso | 7905351 |
| 18 – 40-60 cm | | 25,8 | 30,9 | 43,2 | Argiloso | | 45 – 40-60 cm | | 16,9 | 19,9 | 63,2 | Muito argiloso | |
| 18 – 60-100 cm | | 25,4 | 28,5 | 46,1 | Argiloso | | 45 – 60-100 cm | | 16,3 | 11,6 | 72,1 | Muito argiloso | |
| 19 – 0-20 cm | | 11,8 | 30,1 | 58,1 | Argiloso | 802125 | 46 – 0-20 cm | | 44,3 | 22,3 | 33,4 | Argiloso | 805239 |
| 19 – 20-40 cm | | 12,3 | 34,8 | 52,9 | Argiloso | 7907876 | 46 – 20-40 cm | | 35,2 | 21,5 | 43,3 | Argiloso | 7901819 |
| 19 – 40-60 cm | | 12,6 | 36,9 | 50,5 | Argiloso | | 46 – 40-60 cm | | 30,2 | 19,5 | 50,3 | Argiloso | |
| 19 – 60-100 cm | | 9,9 | 36,0 | 54,1 | Argiloso | | 46 – 60-100 cm | | 23,4 | 18,7 | 57,9 | Argiloso | |
| 20 – 0-20 cm | | 34,0 | 24,8 | 41,2 | Argiloso | 801865 | 47 – 0-20 cm | | 44,4 | 8,6 | 47,0 | Argiloso | 805838 |
| 20 – 20-40 cm | | 33,6 | 31,0 | 35,4 | Argiloso | 7908392 | 47 – 20-40 cm | | 46,4 | 8,1 | 45,5 | Argiloso | 7901611 |
| 20 – 40-60 cm | | 31,6 | 29,9 | 38,5 | Argiloso | | 47 – 40-60 cm | | 41,6 | 12,3 | 46,1 | Argiloso | |
| 20 – 60-100 | | 22,1 | 38,7 | 39,2 | Argiloso | | 47 – 60-100 cm | | 37,5 | 11,4 | 51,1 | Argiloso | |
| 21 – 0-20 cm | | 52,1 | 7,5 | 40,4 | Argiloso | 799948 | 48 – 0-20 cm | 4,7 | 82,0 | 2,3 | 11,0 | Arenoso | 798904 |
| 21 – 20-40 cm | | 53,6 | 4,0 | 42,4 | Argiloso | 7908038 | 48 – 20-40 cm | 8,8 | 78,6 | 2,1 | 10,5 | Arenoso | 7906448 |
| 21 – 40-60 cm | | 44,0 | 8,1 | 47,9 | Argiloso | | 48 – 40-60 cm | 6,0 | 78,9 | 4,7 | 10,4 | Arenoso | |
| 21 – 60-100 cm | | 50,4 | 8,7 | 40,9 | Argiloso | | 48 – 60-100 cm | 23,5 | 67,1 | 1,4 | 8,0 | Arenoso | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|------|------|------|----------------|---------|----------------|--|------|------|------|----------------|---------|--|
| 22 – 0-20 cm | | 50,6 | 8,9 | 40,5 | Argiloso | 799471 | 49 – 0-20 cm | | 35,9 | 12,2 | 51,9 | Argiloso | 798166 | |
| 22 – 20-40 cm | | 48,7 | 9,8 | 41,5 | Argiloso | 7908125 | 49 – 20-40 cm | | 41,0 | 7,0 | 52,0 | Argiloso | 7905522 | |
| 22 – 40-60 cm | | 47,2 | 9,1 | 43,7 | Argiloso | | 49 – 40-60 cm | | 50,3 | 6,5 | 43,2 | Argiloso | | |
| 22 – 60-100 cm | | 46,3 | 10,1 | 43,6 | Argiloso | | 49 – 60-100 cm | | 49,6 | 11,8 | 38,6 | Argiloso | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 – 0-20 cm | | 20,6 | 29,1 | 50,3 | Argiloso | 801591 | 50 – 0-20 cm | | 80,6 | 0,7 | 18,7 | Médio | 800501 | |
| 23 – 20-40 cm | | 16,0 | 30,7 | 53,3 | Argiloso | 7909909 | 50 – 20-40 cm | | 79,6 | 0,5 | 19,9 | Médio | 7908122 | |
| 23 – 40-60 cm | | 18,9 | 31,0 | 50,1 | Argiloso | | 50 – 40-60 cm | | 73,0 | 8,6 | 18,4 | Médio | | |
| 23 – 60-100 cm | | 17,8 | 28,9 | 53,3 | Argiloso | | 50 – 60-100 cm | | 73,3 | 10,9 | 15,8 | Médio | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 – 0-20 cm | | 15,8 | 31,1 | 53,1 | Argiloso | 805117 | 51 – 0-20 cm | | 79,8 | 1,2 | 19,0 | Médio | 798040 | |
| 24 – 20-40 cm | | 17,2 | 25,5 | 57,3 | Argiloso | 7910915 | 51 – 20-40 cm | | 78,7 | 1,1 | 20,2 | Médio | 7909193 | |
| 24 – 40-60 cm | | 16,1 | 23,9 | 60,0 | Muito argiloso | | 51 – 40-60 cm | | 71,5 | 8,9 | 19,6 | Médio | | |
| | | | | | | | 51 – 60-100 cm | | 71,2 | 11,4 | 17,4 | Médio | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 – 0-20 cm | | 12,6 | 37,3 | 50,1 | Argiloso | 802022 | 52 – 0-20 cm | | 61,3 | 12,0 | 26,7 | Médio | 801725 | |
| 25 – 20-40 cm | | 9,9 | 44,0 | 46,1 | Argiloso | 7910511 | 52 – 20-40 cm | | 59,2 | 15,5 | 25,3 | Médio | 7904961 | |
| 25 – 40-60 cm | | 8,5 | 42,9 | 48,6 | Argiloso | | 52 – 40-60 cm | | 67,7 | 10,9 | 21,4 | Médio | | |
| 25 – 60-100 cm | | 6,3 | 44,3 | 49,4 | Argiloso | | 52 – 60-100 | | 62,6 | 13,2 | 24,2 | Médio | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 – 0-20 cm | | 21,9 | 28,9 | 49,2 | Argiloso | 801341 | 53 – 0-20 cm | | 24,5 | 13,6 | 61,9 | Muito argiloso | 799944 | |
| 26 – 20-40 cm | | 21,2 | 28,0 | 50,8 | Argiloso | 7911691 | 53 – 20-40 cm | | 20,8 | 14,3 | 64,9 | Muito argiloso | 7902084 | |
| 26 – 40-60 cm | | 19,2 | 27,9 | 52,9 | Argiloso | | 53 – 40-60 cm | | 19,0 | 18,2 | 62,8 | Muito argiloso | | |
| 26 – 60-100 cm | | 19,2 | 29,4 | 51,4 | Argiloso | | 53 – 60-100 | | 17,9 | 17,4 | 64,7 | Muito argiloso | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 – 0-20 cm | | 48,2 | 14,5 | 37,3 | Argiloso | 800386 | | | | | | | | |
| 27 – 20-40 cm | | 44,4 | 16,9 | 38,7 | Argiloso | 7911520 | | | | | | | | |
| 27 – 40-60 cm | | 44,6 | 15,9 | 39,5 | Argiloso | | | | | | | | | |
| 27 – 60-100 cm | | 45,2 | 16,0 | 38,8 | Argiloso | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: A pesquisa. Ensaios laboratoriais realizados pelo Laboratório de Manejo de Solos (LAMAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

ANEXO A – Ficha de Campo

FICHA DE CAMPO

| | | |
|--|--------------|---------------|
| Data: | Ponto (n.º): | Profundidade: |
| Foto (n.º): | | |
| Coordenadas (UTM): | | Altitude (m): |
| Amostras – Deformada () n.º _____ | | |
| Local do material coletado: () Afloramento natural () Erosão () Corte de estrada () Escavação (poço) () Tradagem | | |
| Relevo: () Plano () Suave ondulado () Ondulado () Forte Ondulado () Montanhoso () Escarpado | | |
| Uso do solo: () Zona Urbana () Hortifruticultura () Pastagem () Agricultura _____ () Reflorestamento de APP () Outro uso _____ () Mata de Galeria/Vereda () Remanescente Cerrado () Bacias de Infiltração do Sist. Dren. Pluvial | | |
| Processos no relevo: () Escorregamento () Subsidência (colapso) () Erosão Laminar () Ravinas () Voçorocas | | |
| Profundidade de NA (m) estimada: | | |
| Substrato Rochoso | | |
| Litologias: | | |
| Unidades: | | |
| Estruturas: () Fratura () Falhas () Dobramentos | | |
| Grau de alteração da rocha: () Rocha sã () Pouco alterada () Mediamente alterada () Altamente alterada () Solo | | |
| OBS: _____ _____ | | |
| Material Inconsolidado | | |
| Gênese: | | |
| Unidade Classificação Nishiyama: | | |
| Textura: () Arenosa () Areno-argilosa () Argilo-arenosa () Argilosa () Siltosa () Arenosa com pedregulho | | |
| Mineralogia: | | |
| Fragmentos de rochas: | | |
| Continuidade vertical: () Homogêneo () Heterogêneo n° de camadas _____ Descrição (Base ▼Topo): | | |
| Continuidade Lateral e o entorno do perfil: _____ _____ | | |

Continua

| Perfil Vertical | |
|-----------------|-------------------------------|
| Espessura(cm) | Caracterização visual e tátil |
| | Cor |
| | Tato |
| | Plasticidade |
| | Resistência do solo seco |
| | Dispersão em água |
| | Impregnação |
| | Dilatância |
| | Cor |
| | Tato |
| | Plasticidade |
| | Resistência do solo seco |
| | Dispersão em água |
| | Impregnação |
| | Dilatância |
| | Cor |
| | Tato |
| | Plasticidade |
| | Resistência do solo seco |
| | Dispersão em água |
| | Impregnação |
| | Dilatância |
| | Cor |
| | Tato |
| | Plasticidade |
| | Resistência do solo seco |
| | Dispersão em água |
| | Impregnação |
| | Dilatância |

Fonte: Nossa (2004). Adaptada pela autora (2021).

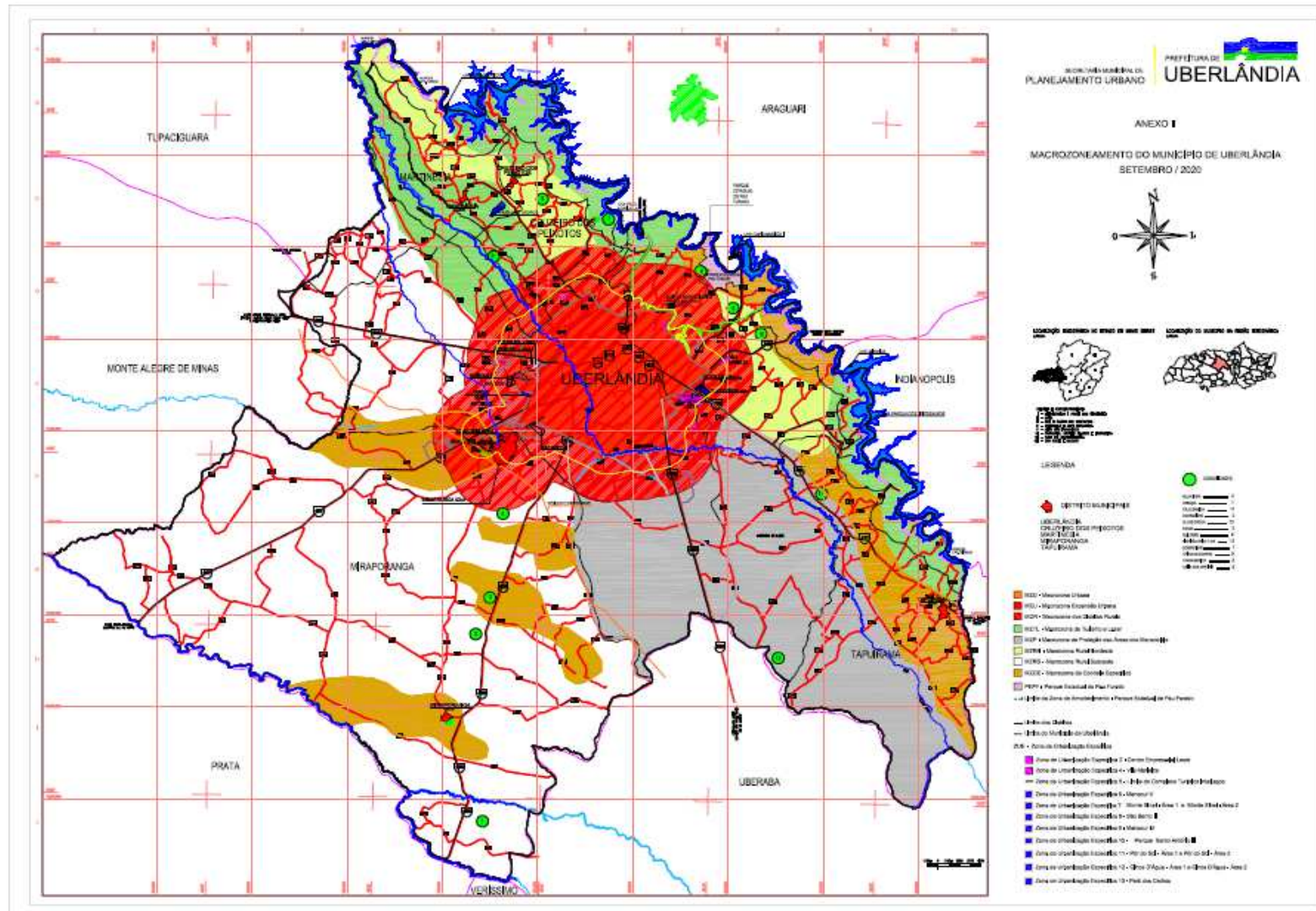
ANEXO B – Métodos de Recomposição da Vegetação Nativa

| Método | Descrição |
|---|--|
| <p>Regeneração Natural sem manejo</p> | <p>Consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente. Esses locais apresentam alta densidade e diversidade de plantas nativas regenerantes, incluindo rebrotações, proximidade com remanescentes de vegetação nativa, solo pouco compactado; e baixa presença de espécies invasoras (ex.: gramíneas). Como o potencial de regeneração natural do local a ser recuperado é alto (identificado por levantamento), o simples isolamento dos fatores de degradação permitirá o retorno da vegetação.</p> |
| <p>Controle das plantas competidoras</p> | <p>Controle de competidoras acontece quando os muitos indivíduos presentes no local, oriundos de rebrota de raízes ou de <u>chuva de sementes</u> acontecem em boa quantidade, mas estas espécies não têm boas taxas de crescimento. Assim, mesmo presentes, estas não conseguem aumentar a cobertura do solo ao longo do tempo e começam a perder espaço para <u>invasoras ruderais</u>. Neste sentido, estratégias de manejo específicas como eliminação de plantas indesejáveis, a adubação dos regenerantes e a descompactação do solo são necessárias e com isso podem aumentar e manter a densidade da regeneração natural ou mesmo o seu crescimento.</p> |
| <p>Adensamento</p> | <p>Consiste na introdução de indivíduos de espécies do estágio inicial de sucessão (espécie de cobertura nos espaços com falhas de regeneração natural, para acelerar a cobertura do solo por espécies nativas e aumentar a chance da regeneração natural para suprimir espécies indesejáveis. Tal preenchimento pode ser feito com espécies pioneiras de crescimento rápido e boa cobertura, utilizando semeadura direta ou plantio de mudas. A adição destas espécies contribui para melhorar as condições do solo e o aumento da diversidade em áreas distantes de remanescentes de vegetação nativa.</p> |
| <p>Enriquecimento</p> | <p>Consiste na introdução de espécies principalmente dos estágios finais da sucessão ecológica, em áreas com melhores condições do solo e já com presença de vegetação nativa, porém com baixa diversidade de espécies, para preencher espaços com falhas da regeneração natural. Visa aumentar a biodiversidade aos níveis naturalmente encontrados no ecossistema de referência. Esse adensamento busca também suprimir as espécies indesejáveis que estariam se estabelecendo nestas falhas. Pode ser realizado por meio de sementes ou mudas.</p> |
| <p>Nucleação</p> | <p>Consiste na formação de "ilhas" ou núcleos de vegetação com espécies com capacidade de melhorar o ambiente, facilitando a ocupação dessa área por outras espécies. A partir desses núcleos, a vegetação secundária se expande ao longo do tempo e acelera o processo de sucessão natural. O núcleo pode ser formado por plantio de sementes ou mudas de espécies pioneiras, galharia, transposição de solo, de sementes, implantação de poleiros, e mais de uma técnica associada. Os núcleos são estabelecidos em 10 a 50% da área. Quando os núcleos são estabelecidos em áreas com maior degradação do solo ou cobertas por espécies de capins agressivos, eles podem ser mais próximos. O manejo é dado dentro dos núcleos para favorecer o pegamento das mudas e o estabelecimento das plântulas. O restaurador pode optar por eliminar ou substituir a vegetação agressiva por uma menos agressiva ou que facilite a expansão dos núcleos e a chegada de novas plantas.</p> |

| | |
|--------------------------|---|
| Semeadura direta | <p>As sementes são plantadas em grande quantidade para garantir o estabelecimento. A operação a lanço permite que a área toda seja alcançada no plantio. Podem ser semeadas apenas espécies pioneiras, talhões facilitadores e alta diversidade, dependendo da resiliência da área. Áreas distantes de fontes de sementes devem receber maior diversidade de espécies. Método particularmente interessante para os estratos herbáceo e arbustivo, que também podem ser contemplados. As sementes também podem ser plantadas em linha para garantir o estabelecimento. O espaçamento entre linhas pode variar de 50 cm a alguns metros. Podem ser semeadas apenas espécies pioneiras, talhões facilitadores e alta diversidade, dependendo da resiliência da área. Áreas distantes de fontes de sementes devem receber maior diversidade de espécies.</p> |
| Plantio por mudas | <p>Neste processo são plantadas mudas de forma aleatória ou sistemática (em linhas), com espaçamentos diversos que podem variar em função do relevo, do tipo de vegetação a ser restaurado e da velocidade com que se quer recobrir o solo. Os espaçamentos mais usuais são 2m x 2m (2.500 plantas/ha) e 3m x 2m (1.667 plantas/ha). Os plantios podem ser feitos em várias formas de arranjo de espécies em função da ecologia e da disponibilidade de mudas, tais como: apenas espécies de rápido crescimento, alternando linhas de cobertura intensa (por exemplo: espécies fixadoras de nitrogênio) e linhas com espécies de maior diversidade, incluindo diferentes grupos sucessionais e outras formas possíveis de composição de grupos funcionais de espécies. É realizado o controle de gramíneas e espécies indesejáveis, no mínimo por dois anos, ou até que o capim seja sombreado.</p> |

Fonte: Vieira *et al.* (2016) – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1063546/metodos-de-recomposicao-da-vegetacao-nativa>. Org.: A autora (2024).

ANEXO C – Macrozoneamento do Município de Uberlândia - 2020



Fonte: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/mapas-e-bairros/>.