



GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



**CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA E DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO
BUJUIZINHO NA ZONA URBANA DE NOVA MUTUM/MT -
BRASIL**

FABIANA DOS SANTOS ROCHA

Cuiabá/MT

2023



FABIANA DOS SANTOS ROCHA

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BUJUIZINHO NA ZONA
URBANA DE NOVA MUTUM/MT - BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Prof.Água - Polo UNEMAT como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz

Banca examinadora:

Prof. Dr. Érico Fernando de Oliveira Martins

Prof. Dr. Euro Roberto Detomini

Profa. Dra. Ana Claudia Guedes Silva

Prof. Dr. Amintas Nazareth Rossete

Cuiabá/MT 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

R672c ROCHA, Fabiana Dos Santos.
Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo na
Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho na Zona Urbana de
Nova Mutum/MT-Brasil / Fabiana dos Santos Rocha - Cuiabá,
2023.
106 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu
(Mestrado Profissional) Rede Nacional em Gestão e Regulação
de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Pesquisas do
Pantanal Cuiabá e Cidade Universitária Celso Campus Univers.
de Cáceres., Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.
Orientador: Tadeu Miranda de Queiroz

1. Índice de Qualidade de Água. 2. Nascentes. 3. Efluentes.
4. Urbanização. 5. Córregos Urbanos. I. Fabiana dos Santos
Rocha. II. Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo
na Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho na Zona Urbana de
Nova Mutum/MT-Brasil: .

CDU 614.39:628.16

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me fortalecer e me amparar em todos os momentos. Também, externalizo minha gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz, pelo seu comprometimento ao me orientar, pelos incentivos constantes e por todo o conhecimento adquirido nesta etapa.

Gratidão aos meus pais, Minervino Rodrigues dos Santos e Maria da Penha dos Santos, pela força e apoio em todas as minhas decisões, e à minha irmã Ana Cristina, pelo incentivo de sempre.

Ao meu esposo Jesuino pela parceria e compreensão durante esta jornada, e ao meu filho Eduardo por sua compreensão em entender as minhas ausências.

A Iouchabel por tantas orientações, aos meus amigos que estiveram desde o início torcendo por minha conquista, especialmente a Patrícia Cristina e a Elen Bonafé, como também meus demais colegas de turma, destaque, especificamente, a Viviane, Patrícia, Odenil e Iara, todos de maneira direta ou indireta contribuíram para realização dessa etapa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

RESUMO

ROCHA, Fabiana dos Santos. Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuizinho na Zona Urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, UNEMAT, Cáceres – MT, 2023.

O intenso crescimento da cidade de Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil, localizada na região de expansão da fronteira agrícola, aponta para a necessidade de cuidados com os recursos hídricos, especialmente com respeito ao riacho Bujuizinho, o qual atravessa a zona central do município. Nesse contexto, o referido curso d'água vem sofrendo interferências antrópicas negativas em relação à contaminação direta da água e as Áreas de Preservação Permanente - APPs. Diante dessa hipótese, é passível de averiguação qual impacto da urbanização sobre a qualidade das águas e sobre as APPs da bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho. A partir dessa problemática, objetivou-se analisar o uso e a ocupação do solo, o Índice de Qualidade da Água e do Estado Trófico e a presença de agrotóxicos na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho na zona urbana de Nova Mutum. Este trabalho foi embasado em pesquisas bibliográficas, em levantamento cartográfico e em sensoriamento remoto a partir de imagens de satélites dos últimos 35 anos, para fazer inferência sobre a dinâmica de urbanização do município. Posteriormente, foram identificadas as nascentes por meio do software QGIS, cujas confirmações se deram com o auxílio dos dados disponíveis no banco de dados do site Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - SICAR, e, após a identificação, realizou-se a delimitação das APPs, no entorno do corpo hídrico, a fim de aferir se ao processo de urbanização estaria invadindo essas áreas. Para isso, foram demarcados oito pontos para a realização das coletas mensais de amostras de água, durante 12 meses, contados a partir de setembro de 2021, visando a determinação das quatro variáveis que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA), a Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH e a Turbidez. Foram realizadas duas análises, sendo uma no período chuvoso e outro na estiagem, para analisar o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET). Em um dos oito pontos de coleta, foram realizadas análises das cinquenta e quatro Variáveis Orgânicas previstas na resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 como parâmetros de qualidade da água. A fim de alcançar os objetivos da pesquisa, os dados obtidos foram analisados com suporte em estatística descritiva, contemplando-se a análise de variância e testes de comparações múltiplas, definidas após a aferição da normalidade dos dados. A bacia hidrográfica apresentou redução nas APPs e os pontos de coletas localizados mais próximos a essas áreas apresentaram alterações negativas em relação à eutrofização apresentando-se como hipereutrófico, e a qualidade das águas se manteve com ponderação ruim em alguns pontos.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Água, nascentes, efluentes, urbanização, córregos urbanos.

ABSTRACT

ROCHA, Fabiana dos Santos. Characterization of Water and Land Use and Occupation in the Bujuzinho Creek Hydrographic Basin in the Urban Zone of Nova Mutum/MT – Brazil. Dissertation. Professional master's degree in management and Regulation of Water Resources, Postgraduate Program in ProfÁguas National Network, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

The intense growth in the town Nova Mutum, Mato Grosso, Brazil, located in the expansion region of the agricultural frontier, points to the need to take care of water resources, especially related to the Bujuzinho stream, which crosses the central area of the town. In this context, the aforementioned watercourse has been suffering negative anthropogenic interference in relation to direct contamination of the water and the Permanent Preservation Areas - PPAs. Given this hypothesis, it is possible to investigate the impact of urbanization on water quality and PPAs in the Bujuzinho stream watershed. Based on this problem, the aim was to analyze land use and occupation, the Water Quality and Trophic State Index and the presence of pesticides in the Bujuzinho stream watershed in the urban area of Nova Mutum. This work was based on bibliographical research, a cartographic survey and remote sensing based on satellite images from the last 35 years, to make inferences about the city's urbanization dynamics. Subsequently, the springs were identified using the QGIS software, which were confirmed with the help of data available in the database of the National Rural Environmental Registration System – SICAR (initials in Portuguese) website, and, after identification, the PPAs were delimited around the water body, in order to determine whether the urbanization process would be invading these areas. To this end, eight points were demarcated for monthly collections of water samples, for 12 months, starting in September 2021, aiming to determine the four variables that make up the Water Quality Index (WQI), Temperature, Dissolved Oxygen, pH and Turbidity. Two analyzes were carried out, one in the rainy season and the other in the dry season, to analyze the Water Quality Index (IQA) and the Trophic State Index (IET). At one of the eight collection points, analyzes were carried out on the fifty-four Organic Variables foreseen in CONAMA resolution 357 of March 17, 2005 as water quality parameters. In order to achieve the research objectives, the data obtained were analyzed using descriptive statistics, including analysis of variance and multiple comparison tests, defined after measuring the normality of the data. The river basin showed a reduction in PPAs and the collection points located closest to these areas showed negative changes in relation to eutrophication, presenting themselves as hypereutrophic, and the quality of the water remained with poor weighting in some points.

Keywords: Water Quality Index, water sources, effluents, urbanization, urban streams.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proposta de expansão urbana da cidade de Nova Mutum.....	29
Figura 2. Proposta do uso e ocupação do solo na cidade de Nova Mutum	30
Figura 3. Ausência de vegetação nas áreas de APPs no Riacho Bujuzinho	33
Figura 4. Imagens dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho, em Nova Mutum/MT..	45
Figura 5. Vista parcial dos pontos analisados na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho, em Nova Mutum/MT	46
Figura 6. Fluxograma estatística descritiva.	52
Figura 7. Média anual por período de seca e chuva para variável Potencial Hidrogeniônico – pH..	56
Figura 8. Média anual por período de seca e chuva para variável de Temperatura.	57
Figura 9. Média anual por período de seca e chuva para variável Oxigênio Dissolvido..	59
Figura 10. Morte de peixes no período da seca	60
Figura 11. Média anual por período de seca e chuva para variável Turbidez	61
Figura 12. IQA calculado para o período chuvoso.....	63
Figura 13. IQA calculado para o período de seca.....	65
Figura 14. IET calculado para o período chuvoso.....	67
Figura 15. IET calculado para o período da seca.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Faixa de APPs para cada largura de curso d'água conforme estabelecido pela Lei. 12.651/2012	27
Tabela 2. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho por classes nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020	25
Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta	47
Tabela 4 - Categorias e ponderações do IQA	50
Tabela 5 - Categorias e ponderações do IET	51
Tabela 6 - Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho	55
Tabela 7 . Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para o período de um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho.....	55
Tabela 8 . Resultados dos testes t ou U, com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho.....	58
Tabela 9 . Resultado do teste de comparação múltipla dos dados pelo teste de Kruskal -Wallis, com 95% de confiança.....	62
Tabela 10 . Resultado do teste de comparação Dunnett com 95 % de confiança durante um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho.....	62
Tabela 11 . Concentrações das variáveis do IQA para o período chuvoso	64
Tabela 12 . Concentrações das variáveis do IQA para o período de seca	66
Tabela 13 . Uso dos 54 parâmetros orgânicos da Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005 para águas doces - classe 2 e resultado analítico	81
Tabela 14 . Lista dos parâmetros orgânicos encontrados na área de estudo com proibição em outros países e na União Europeia.....	83
Tabela 15 . Situação internacional dos parâmetros analisados no córrego Bujuizinho.....	85
Tabela 16. Classificação toxicológica dos parâmetros analisados	87

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APPs – Áreas de Proteção permanente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de

DDE – Diclorodifenildicloroetileno

DDT – Diclorodifeniltricloroetano

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GPS – Global Positioning System

IET – Índice de Estado Trófico

IMEA – Instituto matogrossense de Economia Agropecuária

INCA – Instituto Nacional do Câncer

INPASA – Indústria Paraguaya Alcoholes

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IQA – Índice de Qualidade das Águas

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MS – Ministério da Saúde

OD – Oxigênio Dissolvido

PAN – Pesticide Action Network

PH – Potencial Hidrogeniônico

POPs – Poluentes Orgânicos Persistentes

SICAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

UTM – Universal Transversa de Mercator

VBP – Valor Bruto da Produção

Agropecuária

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS DO RIACHO BUJUIZINHO	17
1. INTRODUÇÃO.....	19
1.1. A CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM NOVA MUTUM/MT	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BUJUIZINHO.....	24
2.1.1. Identificação das nascentes	24
2.1.2. Análise de uso e ocupação do solo	24
2.1.3. Delimitação das APPs	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	31
4. CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO 2 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO	40
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	44
2.1.1. Localização dos pontos de coleta de amostras de água	44
2.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO.....	48
2.2.1. Análise das amostras coletadas.....	49
2.2.2. Análises estatísticas.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.1. VARIAÇÃO SAZONAL E ESPACIAL DAS QUATRO VARIÁVEIS ANALIZADAS NOS PERÍODOS DE SECA E CHUVA	54
3.1.1. Potencial Hidrogeniônico – pH	55
3.1.2. Temperatura.....	56
3.1.3. Oxigênio Dissolvido -OD.....	58
3.1.4. Turbidez.....	60
3.1.5. Índice de Qualidade da Água – IQA.....	63
3.1.6. Índice de Estado trófico – IET	67
4. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO 3 – PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO NO CERRADO BRASILEIRO, REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA.....	74
1. INTRODUÇÃO.....	76
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	79
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	79
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4. CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS	94

APRESENTAÇÃO

A presente produção está estruturada em três capítulos, cada um deles é resultante da pesquisa desenvolvida durante a dissertação de mestrado. No primeiro capítulo, é explorado o tema do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Riacho Bujuizinho, com foco na delimitação das Áreas de Preservação Permanente – APPS. O segundo capítulo se concentra em uma análise abrangente do Índice de Qualidade de Água – IQA e do índice de Estado Trófico – IET na bacia estudada. Por fim, o terceiro capítulo dedica-se à análise dos parâmetros orgânicos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Cada capítulo oferece percepções valiosas frutos provenientes da pesquisa, cujas contribuições são imprescindíveis para uma compreensão mais profunda dos desafios e das oportunidades associadas à gestão e conservação dos recursos hídricos em nossa região de estudo.

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, um dos grandes desafios relacionados aos corpos hídricos urbanos é o de conviver com suas águas livres de contaminantes decorrentes de despejos de efluentes industriais e domésticos que, quando localizados em regiões de agricultura intensiva, apresentam o risco de contaminação por agrotóxicos ou fertilizantes.

O processo de urbanização e de crescimento das cidades têm contribuído para a contaminação dos córregos urbanos, causando consideráveis problemas ambientais, como, por exemplo, a poluição desses cursos d'água, o que é alarmante visto que está diretamente ligada às funções vitais dos seres que dela dependem (JACOBOSKI E FACHINETTO, 2022). Com o surgimento dos grandes centros urbanos, com o crescimento demográfico e com o advento da industrialização, aumenta-se, também, a demanda populacional por recursos hídricos (MARTINHAGO *et al.*, 2021) e, com isso, tanto a quantidade quanto a qualidade das águas podem ser comprometidas.

A alteração na qualidade das águas pode afetar as comunidades aquáticas levando-as à morte, especialmente a de algumas espécies com maiores sensibilidades (COSTA e ROCHA, 2020), podendo haver, ainda, a contaminação de espécies de peixes alimentícias aos seres humanos. Danelon e Rodrigo (2017) afirmam que pensar sobre a qualidade das águas não está inteiramente ligado apenas à sobrevivência humana, mas sim em toda a diversidade biológica global, pois existe uma grande interação entre todas as espécies. Sendo assim, a conservação dessa qualidade está essencialmente relacionada às condições antrópicas e naturais.

Para aferir esse equilíbrio entre a qualidade dos recursos hídricos e a ocupação do solo, Cornelli *et al.* (2016) inferem que fazer o mapeamento de uso e cobertura do solo é de fundamental importância como instrumento de auxílio para constatação de perdas da biodiversidade que, por sua vez, podem ser resultantes de diferentes fatores como, por exemplo, o desmatamento e a urbanização.

A notoriedade das geotecnologias nesse processo é inegável e desempenha um papel fundamental na gestão ambiental das áreas urbanas em todo o mundo. Essas tecnologias, que envolvem a coleta, a análise e interpretação de dados geoespaciais, desempenham um papel crucial na compreensão do processo de uso e ocupação do solo e no monitoramento da qualidade das águas em ambientes urbanos. Por meio das geotecnologias, como o sensoriamento remoto através de imagens de satélites e drones, é possível a criação de mapas detalhados do uso e ocupação do solo nas áreas urbanas. Isso é essencial para identificar áreas

críticas, como zonas industriais, zonas residenciais, áreas verdes e de preservação, e a infraestrutura urbana. Esses mapas ajudam a entender como o desenvolvimento urbano está afetando a paisagem e influenciando a qualidade das águas dos rios.

Nesse cenário, as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas em um contexto mundial, para realizar levantamentos e avaliações ao que diz respeito a vulnerabilidade ambiental nesses espaços construídos e explorados pelo homem. (PAVANIN *et al.* 2017). Nunes e Leite (2014) relatam sobre a importância da aplicação das geotecnologias para os estudos ligados aos recursos hídricos, por meio do sensoriamento remoto e do processamento de imagens digitais para o uso e cobertura do solo, como forma de subsidiar aos estudos sobre as fragilidades ambientais.

Em resumo, as geotecnologias desempenham um papel crítico no monitoramento dos rios urbanos, permitindo uma abordagem mais precisa e baseada em evidências para a gestão da qualidade das águas. Elas capacitam as autoridades, pesquisadores e gestores a compreender melhor os complexos processos de uso e ocupação do solo nas áreas urbanas e a tomar medidas eficazes para preservar e melhorar a saúde dos rios urbanos, garantindo água de qualidade para as comunidades urbanas e a sustentabilidade ambiental.

Conforme os estudos de Souza *et al.*, (2014), os rios estão incluídos em tudo o que ocorre nas regiões de entornos, levando sempre em consideração o processo de uso e ocupação dos solos, e a partir dessa interação, suas características ambientais, principalmente, suas comunidades biológicas contribuem com informações sobre os efeitos das ações antrópicas. Diante disso, é essencial que seja realizado um estudo sobre o uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica para entender a dinâmica dos efeitos que podem alterar a qualidade das águas.

Perante o cenário atual, em que se encontram a qualidade ambiental dos recursos hídricos, inúmeras pesquisas surgem no Brasil com o intuito de constatar a ampla necessidade de conservar a qualidade das águas. Além do mapeamento dos usos e cobertura dos solos é importante obter informações sobre possíveis contaminantes que possam estar sendo depositados nos corpos hídricos, para isso, vários índices foram criados como, por exemplo, o Índice de Qualidade de Água – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET.

A fim de identificar se a qualidade da água está dentro de um padrão mínimo aceitável, é necessário determinar sua finalidade de destino. Conforme afirmado por Costa e Ferreira (2018), as características químicas e físicas de um rio podem ser enquadradas para usos que

necessitem de procedimentos e desinfecções específicas ou que não exijam nenhuma interferência para atender os parâmetros adequados para cada fim.

Diante disso, é preciso fazer o enquadramento correto estabelecido pela Resolução Normativa 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a qual define a classificação das águas doces, salinas e salobras.

Segundo a resolução supracitada, as águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano a partir de uma desinfecção, e as utilizadas para preservação das comunidades e dos ambientes aquáticos nas unidades de conservação e preservação integral estão classificadas como Classe Especial. Já na Classe 1, enquadram-se as águas destinadas ao abastecimento humano somente após passarem por tratamento simplificado. As utilizadas para a proteção das comunidades aquáticas, para a recreação de contato primário, para irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas e sem a remoção da película e, por fim, para a proteção da vida aquática em terras indígenas também se enquadram nessa classe.

À Classe 2 pertencem as águas que são utilizadas para consumo humano mediante tratamento convencional, podendo ser utilizadas à recreação de contato primário, à proteção da comunidade aquática, à irrigação de áreas que a população tenha contato direto, bem como de hortaliças e frutas. Enquadram-se, ainda, nessa classe a aquicultura e a pesca. A Resolução CONAMA 357/05 define ainda que, para os rios de águas doces que não possuem enquadramento, até que sejam aprovados, permanecerão como classe 2.

Na Classe 3 estão as águas que, após tratamento convencional ou avançado, podem ser empregues para abastecimento. A irrigação de culturas arbóreas, ou de cereais e forrageiras, a pesca amadora, a dessedentação de animais e a recreação de contato secundário estão inseridas nessa classe. Somente podem ser enquadradas na Classe 4 as águas destinadas à navegação e à harmonização paisagística.

Para cada classe de enquadramento existem parâmetros orgânicos e inorgânicos específicos que necessitam ser seguidos dentro do estabelecido pela resolução. A partir do enquadramento dos corpos hídricos e entendendo sua finalidade, vários índices são utilizados a fim de determinar a qualidade da água.

No Brasil, o IQA foi adaptado pela CETESB a partir de um estudo realizado pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970. A proposta inicial analisava trinta e cinco variáveis, mas somente nove foram selecionadas pela CETESB para avaliar a qualidade das águas, levando-se em conta os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos (CETESB, 2019), sendo elas: Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total,

Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido. Ao analisá-las, é possível proceder com uma avaliação geral sobre a situação das águas superficiais e apontar contribuições de despejo de efluentes industriais ou domésticos, (CONEGLIAM 2020). Outro fator de grande importância no monitoramento das águas superficiais é que, por meio desse índice, os resultados podem se converter em feitos reais destinados a atenuar os efeitos da ação antrópica, conforme afirma Pessoa (2010) citados por Leitão *et al.* (2015).

Oliveira *et al.* (2018) chamam a atenção para a importância da aplicação do IQA quando afirmam que o monitoramento da qualidade da água no recurso hídrico é importante para a sociedade por se tratar de um ambiente vulnerável à ação antrópica.

Associação de outros índices ao IQA contribui para a formação de um conjunto de dados mais precisos que proporcionam melhor percepção das mudanças ambientais ocorrentes na natureza. Associado ao IQA, o Índice de Estado Trófico – IET pode fornecer mais informações sobre as características das águas. Sua finalidade é a de classificar os corpos d'água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias (CETESB, 2019).

Nesse sentido, este trabalho analisa do uso e ocupação do solo, o comportamento de quatro variáveis do IQA, durante um ciclo hidrológico completo, sendo elas: o pH, a Turbidez, a Temperaturas e o Oxigênio Dissolvido, duas análises das demais variáveis do IQA e do IET, uma no período chuvoso e outra na seca e uma análise dos cinquenta e quatro parâmetros orgânicos estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA.

CAPÍTULO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS DO RIACHO BUJUIZINHO

Resumo

ROCHA, Fabiana dos Santos. Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho na Zona Urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, UNEMAT, Cuiabá. 2023.

Os córregos urbanos vêm passando por grandes alterações com o acelerado processo de crescimento das cidades. Como alterações a esses corpos hídricos, destaca-se a ineficiência nos sistemas de saneamento básico e de drenagens pluviais. O processo de industrialização é um outro fator agravante para sua deterioração, assim como a ocupação de suas margens que ocorrendo fora dos limites legais das APPs, podem levar ao rápido assoreamento de suas margens, alterações em seu leito e até mesmo o aterramento de partes do seu curso, tudo isso para dar lugar a nova infraestrutura urbana que vai surgindo. Diante dessa análise, pressupõe-se que as áreas de APPs estão sendo tomadas por edificações. Diante disso, qual é o impacto que o crescimento da cidade vem provocando nas áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho? A partir dessa problemática, objetiva-se analisar o processo de uso e ocupação do solo e nas APPs da bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho na zona urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Para isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas, levantamento cartográfico, utilizando o sensoriamento remoto, para indicar como ocorreram os processos de urbanização e o crescimento da cidade. As nascentes foram identificadas a partir da delimitação da bacia hidrográfica. Posteriormente, foram delimitadas as áreas das APPs. A análise permitiu identificar a extinção das APPs na região da nascente principal e de parte do curso inicial do riacho. O mapeamento evidenciou parte da bacia sendo substituída pelo avanço da agropecuária e pelo crescimento da cidade no decorrer do período analisado.

Palavras-chave: Córrego urbano; Ocupação das margens; Industrialização.

ABSTRACT

ROCHA, Fabiana dos Santos. Characterization of Water and Land Use and Occupation in the Bujuizinho Creek Hydrographic Basin in the Urban Zone of Nova Mutum/MT – Brazil. Dissertation. Professional master's degree in Management and Regulation of Water Resources, Postgraduate Program in ProfÁguas National Network, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

Urban streams have been undergoing major changes with the accelerated growth process of towns. As changes to these water bodies, the inefficiency in basic sanitation and rainwater drainage systems stands out. The industrialization process is another aggravating factor for its deterioration, as well as the occupation of its banks, which occurs outside the legal limits of the PPAs, can lead to the rapid silting of its banks, changes in its bed and even the landfilling of parts of the land. its course, all to make way for the new urban infrastructure that is emerging. Given this analysis, it is assumed that the PPA areas are being taken over by buildings. Given this, what is the impact that the town's growth has had on permanent preservation areas in the Bujuizinho stream watershed? Based on this problem, the objective is to analyze the process of land use and occupation and in the PPAs of the Bujuizinho stream watershed in the urban area of Nova Mutum/MT – Brazil. To this end, bibliographical research and a cartographic survey were carried out, using remote sensing, to indicate how the urbanization processes and the town's growth occurred. The springs were identified based on the delimitation of the river basin. Subsequently, the PPA areas were delimited. The analysis made it possible to identify the extinction of PPAs in the region of the main source and part of the initial course of the stream. The mapping showed part of the basin being replaced by the advance of agriculture and the growth of the town during the analyzed period.

Keywords: Urban stream; Occupation of the banks; Industrialization.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira é um assunto que merece destaque, pois suas falhas na implantação ocorreram sem priorizar as questões ambientais, tendo seu desenvolvimento acompanhado exclusivamente pelas demandas capitalistas para o desenvolvimento econômico do país. Esse processo teve início no século XX quando entrou em vigor a era da industrialização no país, fator esse que, associado à intensa migração campo/cidade, provocou uma grande mudança nos padrões de distribuição espacial da população por todo o território.

Até por volta de 1950, a população era predominantemente rural, segundo o Censo Demográfico (1940-2010) a população urbana em 1940 perfazia um total de 31,24% e, a partir da década seguinte, com o surgimento das novas cidades, principiou a ocorrência de uma intensa e desordenada urbanização, e problemas socioambientais começam a surgir para a população residente nesses locais (SILVA *et al.*, 2018).

Os grandes centros urbanos surgiram nas regiões litorâneas, nascendo, então, as primeiras metrópoles, e, com elas, os problemas socioambientais ficaram mais evidentes. O país não possuía uma estrutura compatível e tampouco um planejamento urbano capaz de absorver esse grande número de habitantes nas novas cidades que ainda eram deficientes em infraestrutura, moradia e emprego.

Dentre os principais problemas decorrentes desse processo, destacam-se os que estão ligados aos recursos hídricos e que, segundo Ribeiro e Gallerani (2004), com o processo de industrialização levou a uma crescente expansão das cidades, fez com que aumentasse o consumo de água, e, como consequência, também ocorrem os lançamentos de efluentes não tratados nos corpos d'água levando ao comprometimento tanto da disponibilidade quanto da qualidade da água.

Por falta de uma gestão planejada e uma infraestrutura deficitária, o intenso êxodo rural a partir da década de 1950 acelerou a urbanização e deu início ao processo de ocupação ilegal de áreas íngremes, margens de rios sem que fossem desenvolvidos estudos sobre as consequências do uso do solo nessas áreas.

De acordo com Dias *et al.* (2015 p. 1493 - 1508), a ocupação dessas áreas sem que haja um estudo sobre o local invadido podem gerar problemas ambientais mais graves.

A defasagem ou inexistência de estudos relacionados ao meio físico, como o conhecimento dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos das localidades, bem como do meio biótico, destacando-se a cobertura vegetal, também contribuem para o surgimento de problemas nos núcleos urbanos,

destacando, neste caso, a ocorrência de inundações em áreas urbanas. A ocorrência destes eventos também está relacionada à ocupação de áreas inadequadas para tal uso, especialmente as margens de rios, sendo intensificada por processos que causam alteração no uso do solo, como a impermeabilização excessiva.

Por outro lado, Silva e Santos (2012 p. 488-508) afirmam que, além do aumento do consumo nos grandes centros urbanos e do despejo dos efluentes, por falta de um planejamento que atenda a todas as classes sociais, as margens dos rios acabam sendo o principal local de acesso a moradias clandestinas.

No que se refere aos rios urbanos, hoje a maioria são receptáculos de esgotos, depósitos de lixo, são ecossistemas negados pelo crescimento urbano; suas margens são ocupadas majoritariamente pelas camadas mais pobres da sociedade, que assistem amedrontadas às dinâmicas naturais do rio, especialmente em dias de chuvas torrenciais, os quais são marcados por enchentes e alagamentos, eventos catastróficos que promovem danos materiais, à saúde, e até mortes, das pessoas que moram às suas margens.

Além dos problemas já citados, é notável também as alterações nos índices de qualidade das águas decorrentes de todo o processo de expansão urbana, ocupação ilegal das margens dos rios e despejo de efluentes sem tratamento. Essas análises também são concomitantes aos estudos efetuados por Cornelli *et al.* (2016).

O processo de urbanização no estado de Mato Grosso acompanhou a evolução da urbanização nas áreas litorâneas movidas a outros interesses. Ainda, em meados do século XX, novas descobertas auríferas despertaram o interesse por terras nessa região. Desenvolve-se ainda, a atividade agropecuária voltada para a subsistência.

Para a análise do processo de ocupação e urbanização em Mato Grosso, Santos (2012 p. 13-43) sugere que é preciso entender a importância da estruturação da fronteira agropecuária.

Ao analisar e compreender a produção do espaço agrário de Mato Grosso é necessário fazer um diagnóstico da formação e estruturação da fronteira agropecuária. A formação e organização do espaço de Mato Grosso, primeiro deram-se com a abertura do território pelos bandeirantes com o intuito de explorar minas auríferas e madeiras, manter o domínio e a segurança do território no Brasil Colônia. Com a chegada dos bandeirantes, começa o processo do fluxo migratório e povoamento. Com isso surgem os primeiros povoados urbanos nos arredores das explorações diamantíferas na região de Cuiabá, no início do século XIX. A ocupação humana da região era uma forma de garantir a geopolítica territorial inicial para o governo central.

A partir de 1970, a urbanização no estado passou por um intenso processo de crescimento, apontado por Barcelos (2014) como sendo resultado de novas políticas públicas durante o regime militar para incentivar o desenvolvimento agrícola em áreas que ainda não haviam sido ocupadas.

De acordo com Silva e Santos (2012), as novas políticas públicas adotadas pelo governo militar tiveram como base os vários investimentos, inicialmente na pecuária quando em 1972 o estado passou a integrar a região da Amazônia Legal. Ainda, neste período, o INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária implantou novos projetos de colonização no norte do estado, o que foi facilitado pela construção das BR -163 e BR – 364 ligando o estado ao sul e ao norte do país.

A agricultura modernizou-se rapidamente, razão pela qual atraiu muitos migrantes para a região. Dessa forma, novas cidades começaram a serem construídas.

Diante do exposto, o estudo objetivou analisar como ocorreu o processo de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho e avaliar se esse processo afetou as áreas de APPs, por meio de mapeamento do uso e cobertura do solo e das APPs, com o intuito de que os dados levantados possam servir de subsídios para o surgimento de programas visando a preservação dessas áreas.

1.1. A CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM NOVA MUTUM/MT

Localizado a aproximadamente 250 km da capital Cuiabá, as margens da BR 163, no Médio Norte do estado de Mato Grosso, Nova Mutum vem apresentando um crescimento urbano acelerado e sua crescente economia está pautada no agronegócio, com destaque para as produções de soja, milho e algodão. Ao longo das últimas décadas, observou-se uma série de transformações tanto no espaço urbano quanto no espaço rural.

Nova Mutum teve seu processo de ocupação elencado na expansão da fronteira agrícola nos anos de 1970. No entanto, na década de 1940 o território, que hoje é o município, já começava seus primeiros sinais de colonização, voltado, nesse período, para a exploração da borracha, conforme afirma Volochko (2015).

De acordo com o Plano Diretor do município de Nova mutum (2015), em 1966 um grupo de empresários paulistas, liderados por José Aparecido Ribeiro, adquiriu a primeira grande propriedade o que deu origem à empresa Mutum Agropecuária. Já em 1978, cem mil hectares da empresa foram destinados a implantação do projeto de colonização do município. Parte dessas terras foram utilizadas para o projeto de pecuária que foi implantando em 1981.

Esses projetos foram de grande importância servindo como atrativo para o processo migratório na região, principalmente dos sulistas, sendo intensificado entre os anos de 1976 e 1987 (FRANS, 2020).

Conforme Franz (2020), o ano de 1978 foi marcado por grandes conquistas, chegaram os primeiros moradores do projeto de colonização e foi criado, no mesmo ano, a agrovila Vila Mutum. Em 1979 a Vila Mutum passou a ser o Distrito de Nova Mutum, pertencendo ao município de Diamantino.

Inicialmente, foram construídas 10 casas, em seguida, novas estruturas tiveram seu início de construção. Começava, então, o processo de formação da área urbana, conforme afirmam Carignani *et al.* (2018 p. 1-17).

A colonizadora construiu a princípio 10 casas e a sede da colonizadora numa área aberta na mata provisoriamente por trator. Em seguida, escola, centro comunitário, posto de saúde e alojamento para abrigar os compradores de terra. Foi construída uma infraestrutura básica para que o essencial pudesse funcionar. Para o centro urbano foram reservados 551 hectares. Quem adquirisse um lote rural recebia de bonificação dois terrenos urbanos.

Esses terrenos urbanos adquiridos às margens da BR-163 estavam localizados em áreas da bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho e toda a estrutura urbana inicial, da cidade de Nova Mutum foi sendo construída em torno do riacho. No entanto, seu planejamento inicial não levou em consideração as condições topográficas do local e nem dos recursos hídricos. Sendo assim, o riacho deixou de receber a manutenção adequada, comprometendo sua nascente principal e, conseqüentemente, o seu curso.

Já em 1988, com uma população superior a cinco mil habitantes e com mais de duzentos domicílios urbanos, Nova Mutum deixou de ser distrito e sua emancipação ocorreu no dia 04 de julho de 1988

O riacho, nessa fase inicial de construção, ainda por volta de 1998, cortava toda a extensão urbana e os lotes ao seu em torno foram adquiridos pelo poder público com a finalidade de criação de um parque ecológico, conforme afirmam Carignani *et al.* (2018).

O período entre 1990 e 2000 foi marcado pelo maior crescimento urbano, justificado pelo aumento na oferta de trabalho no agronegócio que continuou atraindo migrantes de outras regiões, como por exemplo Nordeste e Sudeste, não se restringindo mais em sua maioria sulistas. Ao mesmo tempo em que ocorria o crescimento da cidade, o processo de urbanização estava em seu ápice. Em 1991 a população era essencialmente rural, 63%. Já em 2000, apenas 27,98% residiam no campo. Para 2010 a população do município atingiu 31.649 (IBGE, 2018) habitantes e esse crescimento acelerado chegou em 2022 com 55.648 mil habitantes, um aumento de 41.3% em apenas doze anos (IBGE, 2022).

Esse crescimento demanda maiores investimentos em infraestrutura para atender as necessidades populacionais e garantir uma organização urbana preocupando-se com as questões ambientais.

Em 1991, com uma população total de 5.698 habitantes, o município não possuía sistema de esgotamento sanitário público, e não possui até hoje, mesmo com sua população atingindo mais de cinquenta e cinco mil habitantes, seu descarte continua sendo feito por meio de fossas sépticas ou sumidouros o que gera uma grande dificuldade de contabilizar a quantidade diária de efluentes devolvidos sem tratamento e colocando várias áreas em riscos de contaminação, tanto pelo descarte de efluentes domésticos em galerias pluviais e em vias públicas quanto dos efluentes industriais, já que os corpos hídricos são utilizados para a diluição desses efluente (Relatório Técnico do Plano Municipal de Saneamento Básico: Nova Mutum-MT 2017).

O crescimento das cidades e a urbanização promove uma produção maior de esgotos e resíduos sólidos, necessitando, assim, de uma gestão voltada a atender seu descarte de forma correta para não comprometer a saúde pública e a manutenção dos corpos hídricos que acabam recebendo esses dejetos. A realização da coleta e o tratamento do esgoto são atividades realizadas de forma insuficiente no estado de Mato Grosso, a mesma realidade ocorre em todo o país, o estado conta com 19% apenas dos municípios com rede de coleta de esgoto (JULLIE *et al.* 2020).

Ao longo dos 35 anos de emancipação, vários projetos habitacionais foram criados e muitas empresas foram instaladas, algumas transnacionais, nas diversas áreas do agronegócio, o que continua sendo um grande atrativo para migrantes de diversas regiões projetando um crescimento urbano ainda mais promissor.

A cidade conta com 53 bairros projetados, sendo que dois deles são exclusivamente reservados ao desenvolvimento industrial e tecnológico, os industriais Norte e Sul (Prefeitura Municipal de Nova Mutum 2022).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BUJUIZINHO

O estudo foi realizado em uma área de 27,87 km² na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho no município de Nova Mutum, localizado na porção Médio Norte do estado de Mato Grosso entre os paralelos de 13°51'43.00'' e 13°46'04.22''S e entre os Meridianos 56° 7.05'38.83'' e 56°03'43.75''O.

Para a delimitação da referida bacia, foi utilizado o modelo digital de elevação – MDE, folha 13S57, correspondente ao município em questão, com resolução de 30 metros obtido a partir da base cartográfica do site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE. Em seguida, foram realizados o tratamento e a análise da imagem através do software da categoria dos Sistemas de Informações Geográficas, QGIS 3.22.5¹, foram mosaicadas e reprojctadas para as coordenadas SIRGAS 2000/UTM zona 21S. Para determinar a bacia hidrográfica, houve a realização de procedimentos utilizando as ferramentas *r.watershed* e *r.water outlet*, considerando o mínimo de cinco mil células para a extração da rede hidrográfica.

Foram convertidas para o formato Vetorial as camadas Raster de saída, *Stream Segments* (imagem com segmento de fluxo) e *Drainage Direction* (imagem com direção de drenagem), selecionando apenas os cursos d'água da área de estudo.

2.1.1. Identificação das nascentes

A identificação das nascentes foi realizada por meio do mapeamento e da delimitação da bacia hidrográfica e confirmados com o auxílio dos dados disponíveis no SICAR e acessados pelo link <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>, utilizando a opção de busca por município e fazendo o download dos arquivos com as informações nas áreas da bacia. A partir do mapeamento e da obtenção desses dados, foram comparadas com a imagem no *Google Earth*®.

2.1.2. Análise de uso e ocupação do solo

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada por meio de levantamento bibliográfico sobre o processo de urbanização e crescimento da cidade, em artigos científicos,

¹ https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html

documentos públicos e livros, disponibilizados pela prefeitura municipal de Nova Mutum. As imagens utilizadas foram obtidas na base cartográfica do Mapbiomas. As datas de obtenção delas foram definidas para os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020. Os períodos selecionados objetivaram a construção de um cenário evolutivo dos resultados, com intervalos de dez anos. Já para o período de 1985, sua escolha foi baseada na data limite de imagens de satélites disponíveis.

Após a obtenção das imagens, seu tratamento e análise foram efetuados utilizando o software QGIS 3.22.5. Com o auxílio dessa ferramenta, foi criado um banco de dados com as imagens de satélites utilizadas para os diferentes períodos durante o processo de ocupação urbana com o objetivo de fazer uma análise visual do processo de substituição das áreas naturais pela ocupação urbana. Com essas imagens, foram elaborados os mapas temáticos contribuindo, assim, com o processo de caracterização da área. Recortes para a área de estudo foram necessários e as imagens foram reprojetaadas para as coordenadas SIRGAS 2000/UTM 21S.

Para a reclassificação, utilizou-se a função reclassificar por tabela utilizando as quatro classes baixadas do Mapbiomas, sendo elas: floresta, agropecuária, área não vegetada e hidrografia. A área não vegetada representa as áreas de expansão urbana. Com a reclassificação já realizada, recorreu-se à paleta de cores RGB para o QGIS, também baixada do mesmo site.

2.1.3. Delimitação das APPs

As áreas de APPs foram delimitadas de acordo com a referência legal instituída pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que estabelece os limites de áreas vegetadas protegidas para cada largura específica de cursos d'água natural, perene e intermitentes, conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1. Faixa de APPs para cada largura de curso d'água conforme estabelecido pela Lei. 12.651/2012

Largura do curso d'água (m)	Faixa APP (m)
Até 10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
> 600	500
Nascentes	Raio mínimo de 50

FONTE: Adaptado da Lei nº12.651/2012

De acordo com o artigo 3º, em seu inciso II da Lei 12.651/2012, as Áreas de Preservação Permanente (APP) referem-se a todas as áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Essas áreas são de suma importância para garantir a vida útil e o equilíbrio biológico dos corpos d'água, sendo proibido o desmatamento e a substituição da vegetação por outros tipos de usos do solo.

Foi importada para o QGIS a bacia hidrográfica já delimitada anteriormente juntamente com a extração dos corpos d'água. Em seguida, foi aplicado um buffer de 5 m em ambos os lados da feição formando o rio que em todo o seu curso não ultrapassou os 10 m.

As APPs foram delimitadas com um raio de 50 m em torno das nascentes e 30 m para cada margem do riacho, conforme estabelecido pela Lei nº12.651/2012 para a largura do riacho já especificado. As nascentes foram criadas usando uma nova camada *shapefile* com geometria de pontos onde foram utilizados dois buffers²s com raio de 50 m para cada nascente.

Com as APPs delimitadas, foram importadas as camadas de uso e ocupação do solo, já reclassificada e, em seguida, foi feito um recorte para cada período utilizando apenas o uso e ocupação dos solos nas áreas de APPS. Por último, foi realizado o cálculo de suas áreas por meio de planilha eletrônica.

² Polígonos criados para cada margem do riacho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Riacho Bujuizinho possui uma área de 27,87km². Sua nascente principal teve origem na área urbana, nas proximidades do bairro Parque do Sol, localizada a 13° 50'23.96'' S e 56°05'23.99'' O em uma área de elevação de 476 m. Com apenas um afluente, sua nascente está localizada a aproximadamente 1.600 m da área urbana com coordenadas geográficas de 13°47'59.87'' S e 56°05'43.02'' O e altitude de 438 m. Após percorrer aproximadamente 9 km, passando pela parte urbana e por áreas de agropecuária, deságua no Rio dos Patos que é um afluente do Rio Arinos, principal rio do município.

Por meio da análise temporal do espaço estudado, a partir das imagens de satélites do Mapbiomas, foi possível constatar cinco tipos de usos do solo divididos em: floresta, área não vegetada, agropecuária e hidrografia na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho para os períodos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, conforme Tabela 2, que evidencia o percentual das transformações, por classes, ocorridas no espaço, no decorrer dos períodos examinados e nos mapas 1,2 3, 4 e 5 que mostram a dinâmica do uso e ocupação na bacia hidrográfica.

Tabela 2. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho por classes nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020

Área (%)	1985	1990	2000	2010	2020
Floresta	85,45	71,62	36,92	19,37	19,45
Agropecuária	7,76	19,15	42,40	42,97	32,72
Área não vegetada	6,72	9,23	20,67	37,61	47,74
Hidrografia	0,08	-	0,01	0,05	0,09

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

A distribuição das classes de uso e ocupação dos solos mostram que as áreas de expansão urbana estão em constante crescimento provocando uma maior impermeabilização dos solos, que estão sendo utilizados tanto para construção de moradias e comércios quanto para construção de ruas pavimentadas, como consequências, desse processo, nota-se uma redução nas áreas de florestas.

Conforme pode ser visto (disponível no mapa 1 em anexos), é apresentado que para o ano de 1985 a bacia hidrográfica permanecia bem conservada, com poucas áreas de substituição da vegetação para a agropecuária, perfazendo um total de 7,76%, e a área urbanizada possuía apenas 6,72%. Já as áreas de vegetação possuíam 85,45% de toda a área da bacia hidrográfica. É evidente uma área urbana, ainda inconsistente, por ter pouca construção.

Esse período marcou o início da implantação, definitiva, do projeto de pecuária criado pela Mutum Agropecuária (Plano Diretor, 2015). O projeto atraiu vários pequenos agricultores

contribuindo, assim, para o início da construção do Distrito de Nova Mutum em 1981 que pertencia ao município de Diamantino. Quando sua construção teve início, já existiam duas escolas e a subprefeitura que prestava atendimentos a mais dois distritos o de Tapurah e o de Lucas do Rio Verde.

Cabe destacar que a pequena área ocupada pela agropecuária está, em parte, muito próxima às margens do riacho e a área urbana se forma na porção mais inicial do seu curso próximo a sua principal nascente, o que revela que o projeto inicial de ocupação se deu a partir de suas margens.

Em 1990, houve um leve aumento na área urbana de 2,51% mais observado no sentido sul da bacia (disponível no mapa 2 em anexos), ocupando as áreas mais próximas à nascente principal. Já as áreas de floresta tiveram uma redução de 13,83% e sua substituição cedeu lugar principalmente as áreas de agropecuária que teve um aumento de 11,39%.

Entre os anos de 1990 e 2000 a área urbana teve um acréscimo de 16,94% (disponível no mapa 3 em anexos). Esse período foi marcado pela urbanização. A migração que antes ocorria do rural para o rural atraídos pelos projetos de colonização impulsionados pelos governos militares entre 1970 -1980, passa a ocorrer do campo para a cidade. Migrações internas também passam a acontecer, principalmente, de sulistas e de outros municípios matogrossense (FRANZ, 2020).

O percentual da classe de floresta declinou intensamente em relação ao período anterior, chegando a 34,7% em apenas dez anos, evidenciando que, além de ceder lugar às áreas urbanas, como já mencionado, também ocorreu para a implantação de novas áreas destinadas à agropecuária que teve ampliação de 23,25% em relação ao período anterior.

Vale destacar que, em 2010, a região do entorno da nascente principal se encontrava toda substituída por áreas urbanizadas ou de agropecuária (conforme pode ser visto no mapa 4 disponível em anexos). As áreas de cobertura vegetal apresentam-se de forma bem esparsa no decorrer do curso do riacho. No seu curso inicial, existem pequenas manchas de vegetação, enquanto o curso final, no sentido norte, permanece com suas margens esquerdas bem conservadas.

O percentual da área florestal entre o período de 2000 e 2010 foi de 17,55% menor em relação ao período anterior. A agropecuária teve o menor crescimento de todo o período estudado, com um aumento de apenas 0,57%, enquanto a área urbanizada teve seu maior crescimento, ficando em torno de 16,94% a mais que a última década.

Nesse período de maior crescimento urbano a cidade já contava com uma economia bem diversificada, além da produção agrícola e de um frigorífico de suínos, novas empresas foram instaladas como, por exemplo, o frigorífico de aves que hoje é administrado pela BRF e uma indústria esmagadora de soja conhecida por Bunge alimentos (FRANZ, 2020). A instalação dessas novas empresas continuou atraindo migrantes de diferentes partes do país, o que contribuiu para o maior crescimento da área urbana.

De acordo com as informações disponíveis no mapa 5 (anexos), é possível perceber que entre os anos de 2010 e 2020, as áreas urbanizadas continuaram a crescer, com 10,13% a mais. O crescimento urbano continua substituindo a classe de floresta que, para o período, teve uma pequena redução de 0,08%. As áreas de agropecuária que se manteve em acréscimo nos períodos anteriores tiveram uma redução de 10,25%. Essa redução pode ser notada comparando o intervalo entre 2010 e 2020 (analisar nos mapas 4 e 5 disponíveis em anexo), no qual é possível perceber a

Para os próximos anos, a cidade seguirá com expressiva expansão urbana conforme mostrado na figura 1, abaixo.

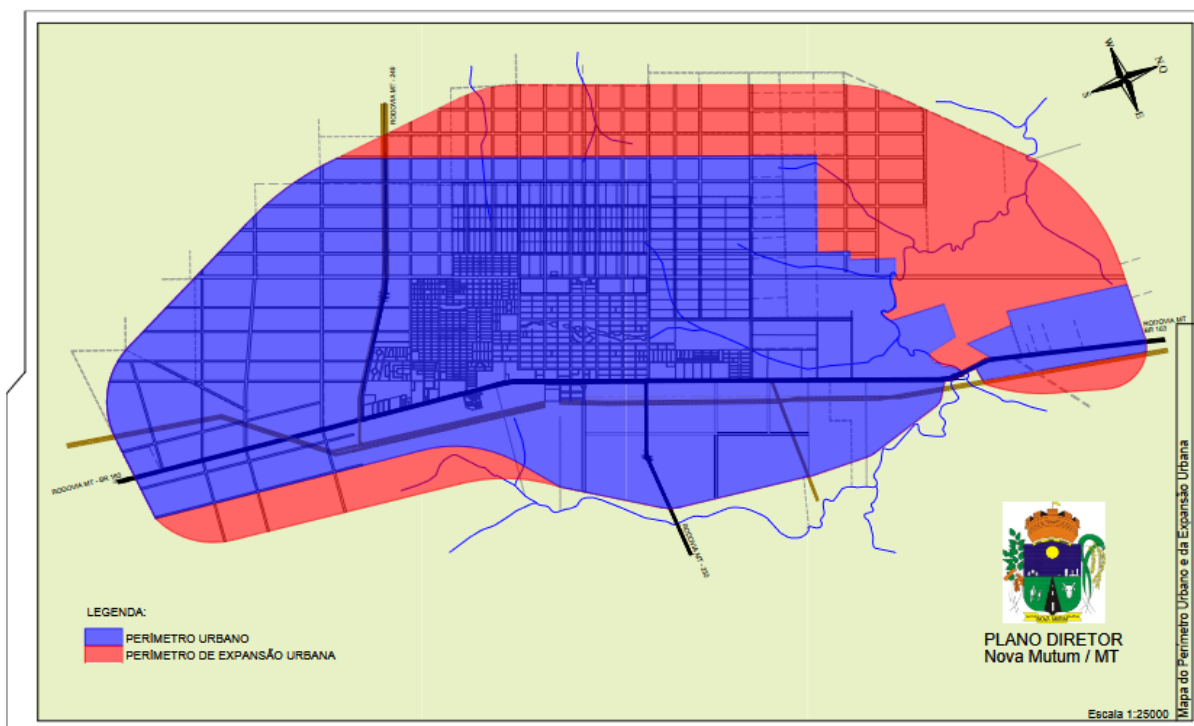


Figura 1. Proposta de expansão urbana da cidade de Nova Mutum
FONTE: Plano Diretor Nova Mutum (2021).

Nota-se que a área urbana expandirá por quase todo o curso do riacho, incluindo o seu afluente que hoje se encontra bem conservado. Pelo projeto de expansão terá a vegetação de

sua nascente e parte do seu curso será substituído pelas Zona Residencial 1 e Zona Residencial 2 (ZR1, área amarela e ZR2, área lilás), como pode ser observado na figura 2 abaixo. É possível observar que no trecho inicial do afluente será destinado uma área para um parque municipal. Essas alterações poderão levar ao seu desaparecimento a longo prazo comprometendo ainda mais o riacho Bujuzinho.

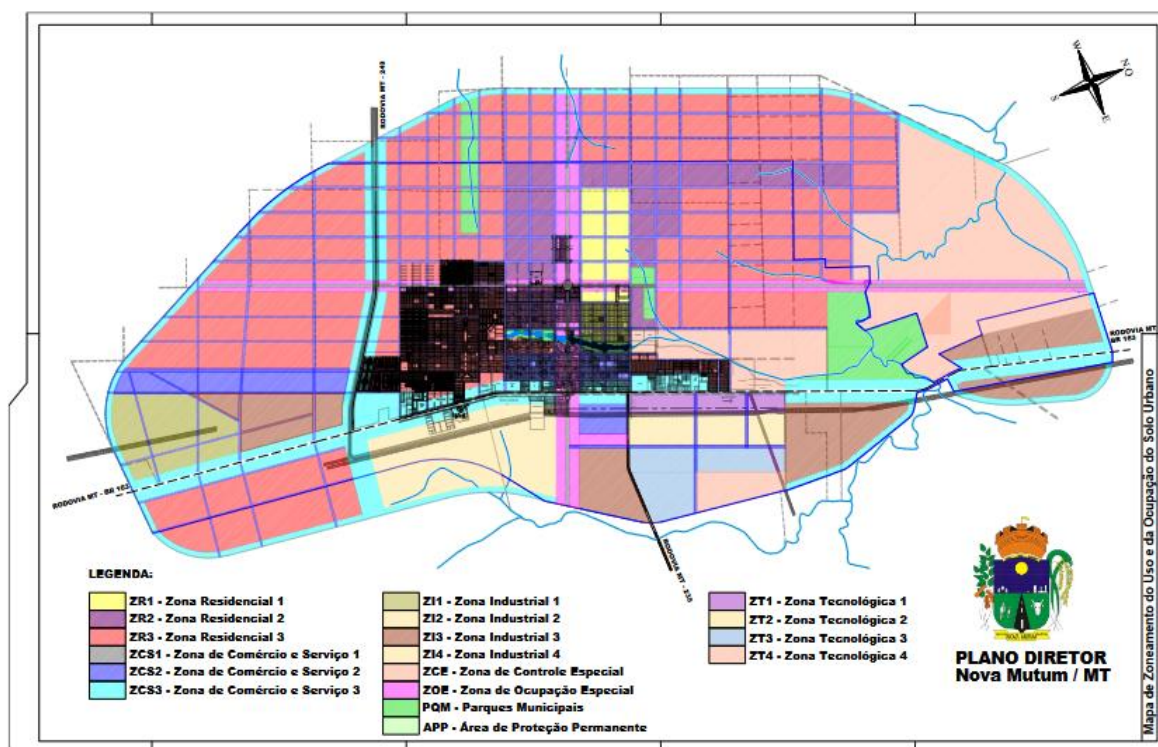


Figura 2. Proposta do uso e ocupação do solo na cidade de Nova Mutum
 FONTE: Plano Diretor (2021).

Figueiredo *et al.* (2019) afirmam que esse tipo de situação de desaparecimento e aterramento das nascentes segue um padrão global, atingindo principalmente os corpos d'água urbanos e com cursos menores.

A cobertura vegetal nas margens dos cursos d'água exercem funções de grande relevância para sua conservação e manutenção, principalmente nos córregos urbanos que já possuem características físicas-naturais com maiores alterações. Sua retirada para construções urbanas, quando não levam ao desaparecimento do curso d'água, podem gerar outros grandes impactos, como por exemplo, o assoreamento levando a um curso mais raso com o passar do tempo e problemas com inundações podem se tornar mais comuns, afirmam Alves e Medeiros (2016).

No Artigo 6º da Lei complementar nº 132, de 15 de julho de 2015, sobre o parcelamento do solo urbano, deixa bem claro que é proibido o parcelamento do solo urbano em fundos de vales e nascentes. Tratando-se das nascentes, nem mesmo as conhecidas como olhos d'água, indiferente da sua topografia, esse parcelamento poderá ocorrer. De acordo com a Lei os zoneamentos ZR1 e 2 precisam ser revistos para um replanejamento da expansão urbana.

3.1. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A delimitação das APPs na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho foi realizada para os períodos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, e apresentaram relevantes transformações (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

Conforme a Lei nº 12.651/2012, o riacho estudado enquadra-se na faixa 0 até 10 m de largura portanto a faixa mínima de APP precisa ser de 30 metros com exceção das áreas de nascentes que deverão permanecer com no mínimo 50 de metros de raio.

Assim como pode ser visto no mapa 6 em anexos, é notório que em 1985 a região ainda estava bem conservada, porém já existia em torno de 11,86% de APPs sem cobertura vegetal. O período foi marcado por um processo de crescimento da cidade bem lento, o que pode ter contribuído para uma maior conservação, mas à medida que a cidade foi sendo construída é importante que houvesse um planejamento adequado em relação à ocupação dessas áreas. É o que afirmam Silva e Silva (2016) em estudo realizado no município de Itaquí/RS, no qual ainda reforçam que há a necessidade de identificar e manter sempre atualizado o monitoramento dessas regiões a fim de verificar a interferência antrópica para que medidas cabíveis sejam implantadas.

Nota-se que as áreas que apresentam redução de vegetação nas APPs estão localizadas mais na porção central da bacia e na porção norte. Comparando as imagens registradas para análise, é possível perceber que são áreas ocupadas pela construção da cidade e a agropecuária, respectivamente.

Para o ano de 1990, as áreas de vegetação nas APPs tiveram um pequeno aumento de 0,71% em relação ao período anterior não apresentando redução (essa informação pode ser verificada no mapa 7 em anexos). Até o início de 1990, a cidade crescia em ritmo mais lento, porém a agropecuária avançava no interior da bacia hidrográfica, enquanto é possível observar que essa pequena redução ocorreu nas áreas próximas a nascente principal, já nas áreas no extremo norte do curso do riacho houve um aumento nas áreas sem cobertura vegetal.

Para o ano de 2000, as APPs no entorno da nascente principal e suas áreas próximas foram bem alteradas (isso pode ser averiguado no mapa 8 em anexos), o mesmo ocorreu em vários outros trechos do riacho, grande parte do curso do seu afluente também foi afetado. Houve um aumento de 48,92% de redução da vegetação em relação ao período anterior, a maior redução dessas áreas no intervalo de tempo analisado. Isso se deve ao maior nível de crescimento da cidade e de expansão da agropecuária na região.

Diante do que é evidenciado no mapa 9 (em anexos), é possível observar que, para o ano de 2010, essa alteração foi de 11,31% comparados a década anterior. O crescimento urbano permaneceu, porém, avançando para outras áreas um pouco mais distante das margens do riacho.

A expansão da agropecuária para áreas próximas aos corpos hídricos pode gerar grandes impactos principalmente se as APPs não estiverem dentro dos limites mínimos exigidos por lei, pois facilitam o transporte de partículas dos insumos agrícolas utilizadas para melhorar a produção. Essas partículas podem ser transportadas de formas e distâncias diferentes, podendo ser levadas a superfície imediatamente, após alguns dias ou até mesmo várias semanas depois podendo ocorrer o efeito cumulativo dessas substâncias (DELLAMATRICE *et al.*, 2014).

Denota-se que em algumas áreas as APPs foram totalmente substituídas pelo crescimento da cidade, notoriamente a nascente principal, e sua preservação é de fundamental importância pois além de ser responsável pela manutenção do ciclo hidrológico exerce função também na proteção contra a poluição de suas águas, Garcia *et al.* (2018).

O último período de análise foi marcado por um aumento nas áreas de vegetação de 8,56% (isso pode ser observado no mapa 10 em anexos), provavelmente por projetos de replantio de árvores em alguns trechos antropizados. A nascente principal e toda a parte mais no extremo norte da bacia permanecem sem vegetação e suas áreas de APPs foram substituídas pelo crescimento da cidade estando assim sem o quantitativo determinado por lei, o que acontece também em parte do seu curso localizado ao fundo do ginásio de esportes que possui uma quadra de tênis e um campo de futebol a menos de 30 m de sua margem esquerda.

O uso e a ocupação do solo foram marcados pela urbanização, pelo crescimento da cidade e pela expansão da agropecuária o que acabou suprimindo parte das áreas de APPs que detém função de vitalidade aos cursos d'água, conforme afirmam Almeida & Vieira (2014); pois, quando a APP mantém sua largura mínima estipulada para cada corpo d'água, ela contempla as funções indispensáveis para a preservação dos rios e suas nascentes, o que pode interferir na qualidade ambiental e até mesmo na qualidade de vida da população local.

Em 45 anos de ocupação na bacia analisada, já há evidências um percentual significativo de áreas com ausência de vegetação nas APPs e parte dessas áreas estão em desacordo com a legislação em relação aos seus limites, apresentando, assim, um comprometimento da manutenção da bacia. A figura 3 mostra que entre os anos de 1985 e 1990 a ausência da vegetação, ainda era bem pequena e que entre 1990 e 2000 houve um grande aumento passando de 11,15% para 54,13% em apenas dez anos, esse percentual aumentou em 11,31% no período entre 2000 e 2010 chegando 65,44% de áreas sem cobertura vegetal, porém em 2020 esse percentual reduziu para 56,88%, ou seja, houve uma reposição de 11,31% dessa vegetação.

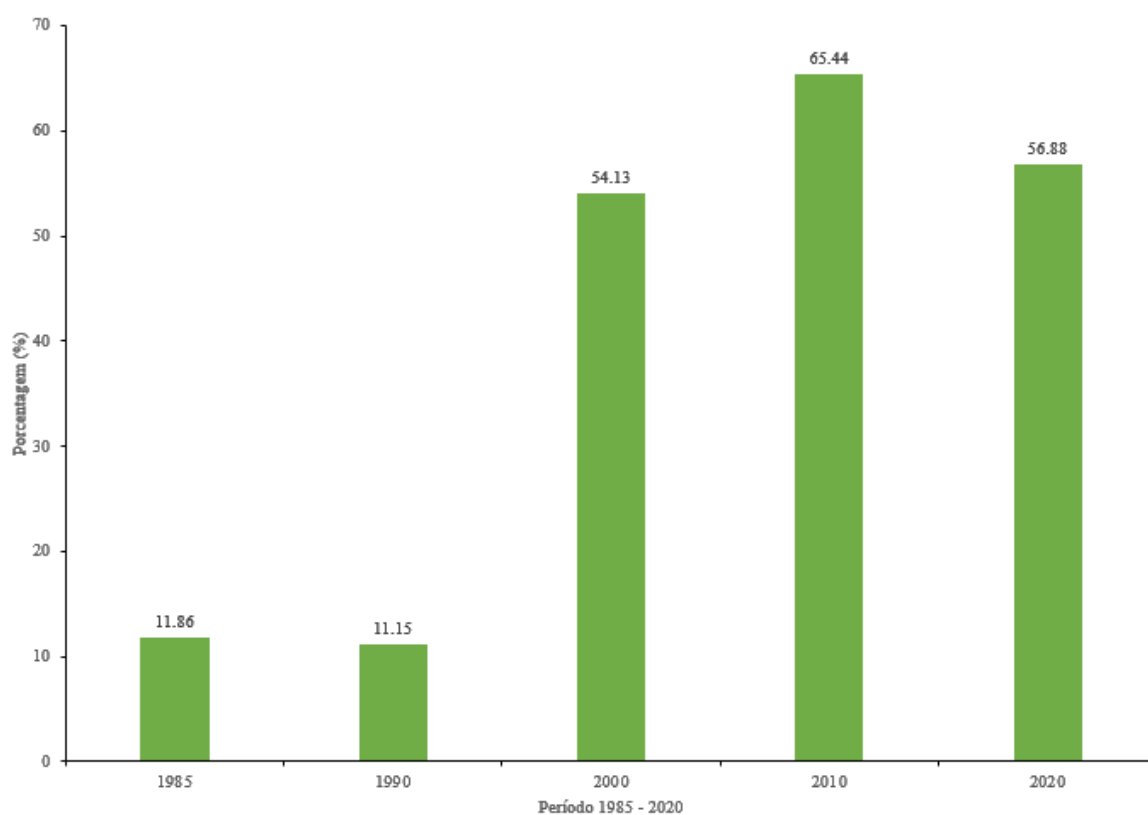


Figura 1. Ausência de vegetação nas áreas de APPs no Riacho Bujuizinho.
FONTE: Elaborada pela autora (2023).

4. CONCLUSÕES

Após a análise do uso e ocupação dos solos na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho, identificou-se que a principal forma de ocupação de uso e cobertura do solo é para a área urbana ocupando 47,74%, seguido pela agropecuária com 32,72%. As áreas de cobertura vegetal representam apenas 19,45% do total da bacia e 0,09% de hidrografia. As APPs com cobertura vegetal correspondem a 43,12%.

De acordo com a Lei nº 12.651/2012, a maior porção das APPs estão com uso regular, mas a sua nascente principal já foi substituída pelo processo de construção da cidade, o mesmo ocorreu em uma distância de aproximadamente 1400 m a partir da nascente principal. Os dados apresentados mostram que a nascente do único afluente do riacho encontra-se bem conservada, mas que existem projetos de expansão urbana para suas áreas de APPs e, em grande parte de seu curso, repetindo a mesma situação ocorrida na nascente principal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. B.; MEDEIROS, F. S. de. Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente do Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. *Redes*, v. 21, n. 2, p. 107-130, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v21i2.7248>.

BARCELLOS, V. Sete novas cidades de Mato Grosso. *Paisagem E Ambiente*, n. 34, p. 61-80, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i34p61-80>. Acesso em: 07 de maio de 2021.

CARIGNANI, G. *et al.* Nova cidade, velhos problemas: a BR 163 como elemento estruturador da formação da cidade de Nova Mutum-MT e seus desdobramentos na dispersão. *Anais XVIII ENANPUR 2019*, p. 1-17. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienganpur/anais>. Acesso em 09 de maio 2021.

CONAMA (2005). Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em - acessada em 01/04/2021.

CONEGLIAN, MILENA GUIRADO. Avaliação dos índices de qualidade da água de um manancial em área urbana. Dissertação - Engenharia Civil e Ambiental - FEB, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192919>.

CORNELLI, RENATA; SCHNEIDER, VANIA; BORTOLIN, TAISON; CEMIN, GISELE; SANTOS, GEISE. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. *Scientia cum Industria*, v. 4, p. 1-14, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233456>. Acesso em: 12 de maio 2021.

COSTA, BÁRBARA FERREIRA DALLA; ROCHE, KENNEDY FRANCIS. Toxicidade aguda em área urbana da microbacia do córrego Água Boa (MS). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 31-39, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020147956>.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. de O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba / Analysis of parameters that compose the water quality index (WQI) in the portion of the Minas Gerais State of the Paranaíba River Basin. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 7, n. 18, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45830>. Acesso em: 10 nov. 2022.

DANELON, JEAN ROGER BOMBONATTO; RODRIGUES, SILVIO CARLOS. Elaboração de um índice de qualidade de água (IQA) para um ponto amostral da bacia hidrográfica do córrego do Glória, Uberlândia-MG.

DIAS, RAFAEL HENRIQUE SERAFIM *et al.* Influência do Uso e Ocupação do Solo no Escoamento Superficial na Cidade de Ji-Paraná-RO, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 5, p. 1493-1508, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233456>.doi:<https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150083>.

FIGUEIREDO, R.R.D., SUBTIL, L.P., TASCA, B.F., NEVES, R. DE A., CAMPOS, P.A. DOS S., XAVIER, F.V. E SIQUEIRA, A.J.B. Expansão urbana e degradação de nascentes: identificando padrões espaço-temporais de um processo crônico em Cuiabá, MT. *MT. Nativa*, v. 7, n. 4, jul. 2019, p. 396–406. DOI:<https://doi.org/10.31413/nativa.v7i4.7051>.

GARCIA, JOICE MACHADO *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza*, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>.

JULIE CATHERINE SIQUEIRA SANTANA; SILANE MATTOS PERES; PAULO ROBERTO DE AZEVEDO SOUZA; JOÃO PAULO SILVA DE SOUZA. OS IMPACTOS GERADOS NO MEIO AMBIENTE E NA SOCIEDADE PELA FALTA DE TRATAMENTO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS REGIÕES BRASILEIRAS. *Epitaya E-books*, v. 1, n. 12, p. 48-57, 2020. DOI: 10.47879/ed.ep.2020144p48. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/49>. Acesso em: 14 set. 2023.

JACOBOSKI, BRUNA KOPEZINSKI; FACHINETTO, JULIANA. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 27, n. 3, p. 489-497, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413->

LEITÃO, V. de S.; CUBA, R. M. F.; SANTOS, L. de P. S.; SANTOS NETO, A. S. (2015). Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(3), 794–803. DOI: 10.5902/2236117018330. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18330>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MARTINHAGO, DENISE *et al.* (2021). Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(5), 965-970. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020374>. Epub 18 Out 2021.

NUNES, Arnon Batista; LEITE, Emerson Figueiredo. Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias. In: Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro de 2014. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p. 121-128.

OLIVEIRA, Levi Ferreira; Oliveira, Benone Otávio Souza de; Lima, Luan Barreto. (2018). Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá – AM. *REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS - RCA* (ISSN 1981-8858), 12(3), 25-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v12i3.3606>.

PAVANIN, Erich; CHUERUBIM, Maria. Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas em Uberlândia-MG. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 13, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i2.42460.

PESSOA, M. A. R. (2010). IQAFAL – Índice FUZZY de Qualidade de Água para Ambiente Lótico. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PINTO, NAUANA TEIXEIRA E MOREIRA, GILSELIA LEMOS. (2022). Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. *Geopauta*, 6. DOI: <https://doi.org/10.22481/rg.v6.e2022.e10067>. Epub 25 Jul 2022.

RIBEIRO, C. M. L.; GALLERANI, M. A. C. (2004). Industrialização, urbanização e recursos hídricos nas bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, de 1970 a 2001. *PosFAUUSP*, (16), 98-112. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.v0i16p98-112. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43388>. Acesso em: 10 maio. 2021.

SANTOS, R. S. (2012). Fronteira agrícola, força de trabalho e o processo de urbanização em Mato Grosso. *Caminhos De Geografia*, 13(43). Recuperado de <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/17330>. Acesso em: 10 maio. 2021.

SILVA, JULIO CÉSAR FÉLIX DA; SANTOS, CLÉLIO CRISTIANO DOS. (2012). Problemática Ambiental dos Rios Urbanos: Vulnerabilidades e Riscos nas Margens do Riacho da Prata na Cidade de Lajedo-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(3), 488-508. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232840>. Acesso em: 11 maio 2021.

SILVA, LUCIANA MARIA DA; SILVA, BETÂNIA QUEIROZ DA; SCHULER, CARLOS ALBERTO BORBA. (2018). Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(4), 1401-1415. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234366>. Acesso em: 10 maio 2021.

SOUZA, ALEXANDRE & REIS, THAINÁ & SÁ, ODILA. (2014). Comparação entre o índice de qualidade da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego Liso, município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 10. 10.17271/198008271022014886.

VOLOCHKO, DANILO. (2015). Terra, poder e capital em Nova Mutum-MT: Elementos para o debate da produção do espaço nas “cidades do agronegócio”. *V.17, n.35, p. 40-67*. ISSN: 1517 – 7793. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2015.v17i35>. Acesso em: 09 de maio 2021.

CAPÍTULO 2 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO

Resumo

ROCHA, Fabiana dos Santos. Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuizinho na Zona Urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, UNEMAT, Cuiabá. 2023.

O crescimento das cidades e o processo de urbanização favorecem a uma maior impermeabilização dos solos nas bacias hidrográficas, o que pode resultar em um maior volume de água drenado para os corpos hídricos, principalmente aos que estão localizados em terrenos com maiores declives, podendo aumentar a quantidade de materiais poluentes que são carregados através dessas águas, comprometendo sua qualidade. Diante disso, a bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho, localizada na parte central da cidade de Nova Mutum, pode estar recebendo rejeitos domésticos e industriais sem seu devido tratamento. A partir dessa problemática objetiva-se analisar o Índice de Qualidade da Água - IQA e do Estado Trófico - IET na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho na zona urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Foram demarcados oito pontos para a realização das 12 coletas, para a análise de quatro das nove variáveis do IQA: Turbidez, pH, OD e Temperatura. Durante o período da seca e da chuva, foi realizada uma análise do IQA e do IET para cada período. Após o resultado, as análises foram verificadas aplicando a estatística descritiva com as análises de variância, testes de comparações múltiplas e de normalidade. As análises evidenciaram que o P1 e o P2, que são os pontos mais ao centro da cidade, apresentaram resultados com mais desacordos em relação a resolução CONAMA 357/05. Ao final das análises, foi possível constatar que a bacia hidrográfica vem sofrendo alterações antrópicas.

Palavras-chave: Índices de Qualidade de Água; Crescimento da cidade; Efluentes.

ABSTRACT

ROCHA, Fabiana dos Santos. Characterization of Water and Land Use and Occupation in the Bujuizinho Creek Hydrographic Basin in the Urban Zone of Nova Mutum/MT – Brazil. Dissertation. Professional master's degree in Management and Regulation of Water Resources, Postgraduate Program in ProfÁguas National Network, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

The growth of towns and the urbanization process favor greater soil sealing in river basins, which can result in a greater volume of water drained into water bodies, especially those located on land with greater slopes, which can increase the quantity of polluting materials that are carried through these waters, compromising their quality. Therefore, the Bujuizinho stream watershed, located in the central part of the town Nova Mutum, may be receiving domestic and industrial waste without proper treatment. Based on this problem, the objective is to analyze the Water Quality Index - WQI and the Trophic State Index - IET in the Bujuizinho stream hydrographic basin in the urban area of Nova Mutum/MT – Brazil. Eight points were marked to carry out the 12 collections, for the analysis of four of the nine WQI variables: Turbidity, pH, DO and Temperature. During the dry and rainy periods, an analysis of the WQI and IET was carried out for each period. After the result, the analyzes were verified by applying descriptive statistics with analysis of variance, multiple comparisons, and normality tests. The analyzes showed that P1 and P2, which are the points closest to the town center, presented results with more disagreements in relation to CONAMA resolution 357/05. At the end of the analyses, it was possible to verify that the river basin has been undergoing anthropogenic changes.

Keywords: Water Quality Indices; Town growth; effluents.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização e crescimento das cidades vêm corroborando para um agravamento na impermeabilização dos solos nas bacias hidrográficas em áreas urbanas e traz, ainda, como grave consequência, a contaminação das águas; podendo afetar a vida aquática ou até mesmo a saúde humana das populações a utilizam, seja para fins domésticos ou de recreação. Tal contaminação pode estar associada a detritos de efluentes domésticos ou industriais, escoamento de detritos agrícolas e até mesmo urbanos.

Outro fator de contribuição para a degradação da qualidade das águas nos córregos urbanos está relacionado à retirada da cobertura vegetal natural para dar espaço as novas áreas urbanas que vão surgindo nas suas margens. Desprotegidos e com consideráveis deflúvios industriais, domésticos e urbanos que acabam sendo facilmente transportados, principalmente para as regiões dos córregos nas áreas de vales, acentuando sua contaminação. Conforme Pereira (2018), essas regiões de fundo de vales são as mais impactadas pela ação antrópica recebendo detritos sólidos e esgotos sem tratamento.

Várias cidades surgiram às margens dos rios e, com a grande demanda por espaço, como é o caso das novas cidades que vêm surgindo em áreas de expansão agrícola, faz com que aconteça uma intensa ocupação ocorrendo de maneira nem sempre planejada em direção aos corpos hídricos. Com os aglomerados, decorrentes desse processo, aumenta-se a demanda por água juntamente com sua degradação que ocorre por diversas ações antrópicas, inclusive a deterioração da qualidade da água (OLIVEIRA, 2018).

Nesse sentido, Lima (2018) afirma que, à medida que ocorre o crescimento das cidades, torna-se necessária a ampliação da infraestrutura urbana e para garantir essa expansão os corpos hídricos urbanos acabam sendo aterrados, as encostas modificadas e suas margens e áreas de vegetação natural vão sendo ocupadas.

O crescimento populacional em uma área urbana está diretamente ligado ao desenvolvimento da economia, que necessita da água para seu pleno desenvolvimento, seja para uso doméstico ou industrial, e para garantir o seu uso, torna-se necessário, a conservação desse recurso, a fim de manter a qualidade de suas águas. Por isso, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é de fundamental importância.

A metodologia mais utilizada para o monitoramento é o Índice de Qualidade das Águas, criado nos Estados Unidos em 1970 e a partir de 1975 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB passou a utilizá-lo, e hoje é o principal índice utilizado no Brasil. O país

possuía quase 23 mil estações em 2020 espalhadas pelas 12 regiões geográficas, pertencendo à Rede Hidrográfica Nacional – RHN e gerenciadas por diversas entidades. Cerca de 4.641 estações encontram-se sob gerência da ANA.

O IQA tem como objetivo avaliar se há, ou não, indicadores de contaminantes causados por dejetos domésticos, na água bruta, a fim de torná-la potável após tratamento. Essa avaliação é feita a partir de nove parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Sólidos Totais, e calculado o produtório ponderado desses parâmetros e os valores classificados em faixas, variando de acordo com o estado brasileiro, distribuídos em: Ótima, Boa, Razoável, Ruim e Péssima. (ANA,2005).

O Índice de Estado Trófico avalia a qualidade da água em relação aos nutrientes e ao rápido crescimento das algas. Seu cálculo é realizado a partir da Clorofila A e do Fosforo Total. Quando for realizada a partir do Fósforo Total (P), analisa-se o grau de trofia. Já para a Clorofila A (CL), será a resposta das águas ao nível de crescimento das algas.

Na cidade de Nova Mutum, ocorreu a ocupação no entorno do riacho Bujuzinho e esse processo de ocupação de suas margens continua em expansão e, com isso, alguns impactos já são visíveis como redução de cobertura vegetal, calçamento das margens em alguns trechos, erosões, alagamentos e inundações. (CETESB, 2021).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do riacho Bujuzinho por meio da análise dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água – IQA e do Índice de Estado Trófico - IET, a fim de que os resultados possam contribuir para que haja um planejamento mais eficaz para a conservação de suas águas e para o equilíbrio da vida aquática.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Nova Mutum – MT, fazendo limites com os municípios de Nova Maringá, Lucas do Rio Verde, Sorriso, Santa Rita do Trivelato, Nobres, Diamantino e São José do Rio Claro. Nova Mutum possui uma área de 9.536,814 km², a aproximadamente 250 km distante da capital Cuiabá (IBGE 2022), com uma população de 55.648 mil habitantes (IBGE, 2022).

O Riacho Bujuizinho é um afluente do Rio dos Patos, que deságua no Rio Arinos que é um afluente do Rio Juruena, ambos pertencendo à Bacia Amazônica. O riacho está inserido, em sua totalidade, na região compreendida pelo Cerrado e seu curso transcorre por áreas urbana e rural, sendo que seu curso rural está localizado em regiões de agricultura intensiva. Suas águas são utilizadas para recreação, pesca e dessedentação de animais.

A bacia do Bujuizinho possui o clima tropical semiúmido com duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco, do tipo Aw segundo a classificação de Koppen. (Relatório Técnico Consolidado de Clima para o estado de Mato grosso 2000P). Situada na Chapada dos Parecis, suas altitudes variam entre 390m a 450 m entre o primeiro e o último ponto analisado.

2.1.1. Localização dos pontos de coleta de amostras de água

Para definição dos pontos de coleta, foram realizadas duas campanhas de campo para a delimitação, identificação e mapeamento das áreas e com o auxílio de imagens de satélites do *Google Earth*, destacando os pontos onde foram realizadas as análises visando entender em quais partes do curso hídrico ocorrem maiores impactos.

Foram delimitados oito pontos para realização das coletas enumerados como PC, P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 conforme pode ser visto no mapa 11 (em anexos) e figura 4, a seguir. O PC é um trecho do único afluente do riacho Bujuizinho e será utilizado como ponto controle – PC para o comparativo do IQA entre os outros pontos.



Figura 4. Imagens dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho, em Nova Mutum/MT.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

O curso do riacho no decorrer dos pontos de coleta possui características distintas, apresentando ambientes lênticos nos pontos 1, 2, 3 e 4 e lóticos nos pontos PC, 5, 6 e 7 (figura 5). A cobertura vegetal também apresenta características diferentes com áreas plantadas e mais ralas, vegetação natural mais densa e até mesmo ausência de cobertura vegetal em alguns trechos.

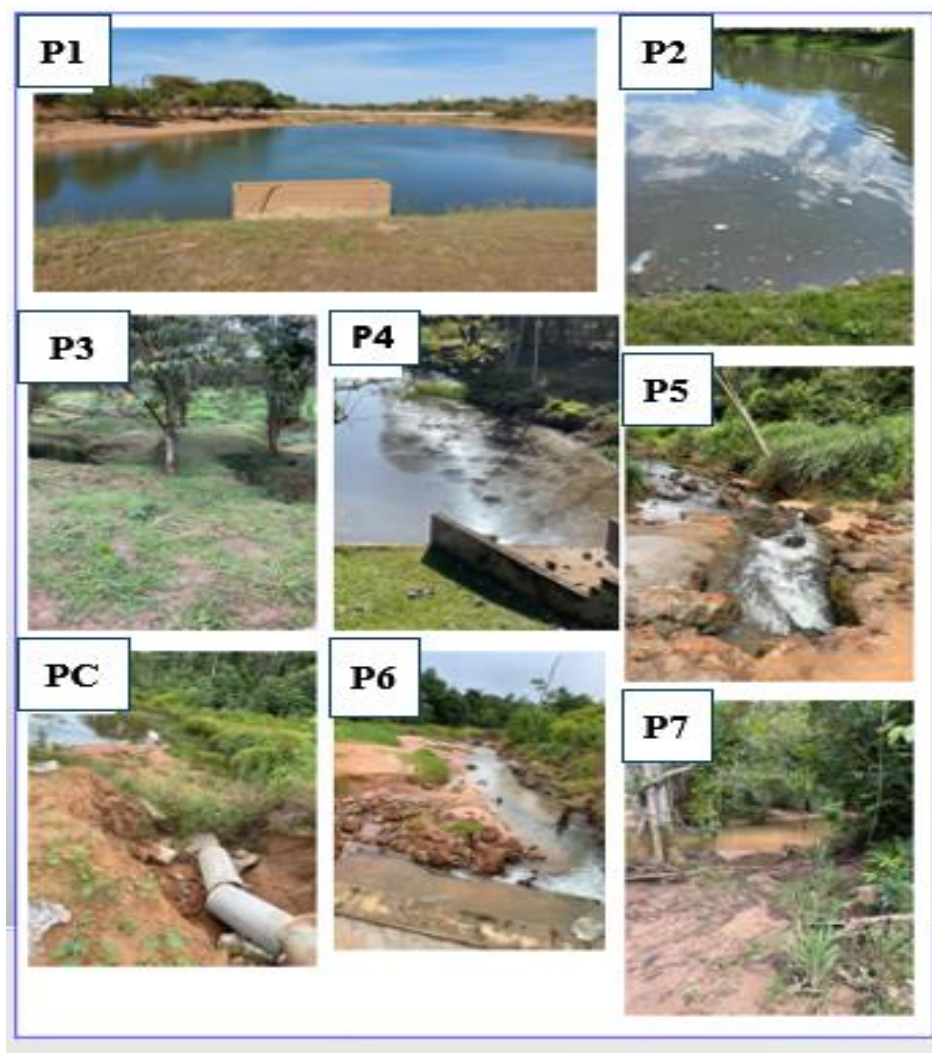


Figura 5. Vista parcial dos pontos analisados na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho, em Nova Mutum/MT.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P1 está localizado próximo da Av. Mutum – Centro, aos fundos do ginásio Lauro Immich. Por ser um lago, o ponto de coleta encontra-se próximo ao extravasor. Seu entorno apresenta pouca cobertura vegetal com alguns arbustos bem esparsos e, recentemente, está passando pelo processo de revitalização.

O P2 está localizado próximo a Av. Mutum – Centro, próximo à prefeitura municipal, conhecido como “Lago do Semeador”. Ocupa uma área toda revitalizada com calçamento próximo a suas margens e com alguns arbustos esparsos e gramas rasteira. É uma área de recreação e, portanto, de intensa visitação da população. O ponto de coleta fica próximo à entrada do lago.

Já o P3 está localizado próximo à Av. dos Beija flores – Centro, com pouca cobertura vegetal no ponto de coleta que fica próximo ao ponto de entrada de águas do P1 e P2. Por ser uma região que recebe um maior volume de águas pluviais nos períodos de cheias e pela falta da cobertura vegetal, suas margens encontram-se bem erodidas.

O P4 fica entre a Av. Araras e a rua das Seringueiras no bairro Jardim. É um trecho do riacho que apresenta uma maior cobertura vegetal, principalmente em sua margem esquerda. O ponto de coleta está localizado na entrada do lago.

No P5 inicia a parte lótica do riacho. Localizado entre as Av. das Arapongas e Araras no bairro Jardim 2, em uma região de reserva ambiental com vegetação mais densa. O ponto de coleta fica próximo à Av. das Garças e é um ambiente totalmente modificado, com blocos de pavimentação asfáltica que simulam uma pequena queda da água. É um local utilizado para abastecimento de caminhões-pipas dos órgãos públicos e privados.

O único afluente do riacho é onde está localizado o PC, próximo a Av. das Arapongas e possui características naturais bem preservadas com poucas áreas urbanizadas.

O P6, localizado próximo à rua dos Sabiás, no Residencial das Andorinhas, é uma área recente de expansão urbana e, no ponto de coleta, a cobertura vegetal é bem restrita. É o último trecho urbano do riacho.

O P7 fica às margens da BR-163. É uma região com bastante cobertura vegetal, mas com alterações antrópicas. No local, é realizada a extração de areia.

Para identificar a localização exata das áreas de análises e suas altitudes, foram utilizados o sistema de posicionamento global (GPS), conforme Tabela 3.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Ponto amostral	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (O)
Ponto PC	420	13°48'02''	56°04'55''
Ponto 1	450	13°49'7''	56°5'13''
Ponto 2	440	13°48'56''	56°5'12''
Ponto 3	450	13°48'56''	56°5'6''
Ponto 4	440	13°48'35''	56°4'54''
Ponto 5	430	13°48'26''	56°4'51''

Ponto 6	420	13°47'28''	56°4'21''
Ponto 7	390	13°46'33''	56°4'21''

FONTE: Elaborada pela autora (2023).

Os critérios de definição da localização de cada ponto foram escolhidos em decorrência da condição física e geográfica de cada ponto, sendo os pontos 1, 2, 3 e 4 selecionados por estarem localizados mais ao centro da cidade, serem ambientes lânticos, por possuírem uma maior circulação de veículos e pessoas e por ser a região que recebe diretamente a drenagem pluvial da área urbana. Já o ponto 5 foi devido ser o início do curso lótico do riacho. O próximo ponto foi definido como Ponto Controle – PC por ser o único afluente do riacho e por estar em uma área mais conservada, onde a expansão urbana está em seu processo inicial. O ponto 6 marca o final do trecho urbano já com início de seu curso rural e, apesar de sua margem esquerda não possuir mais vegetação, a expansão urbana está chegando aos poucos. Por fim, o ponto 7 foi considerado por ser o trecho essencialmente rural de fácil acesso e por estar localizado próximo às margens da BR-163 e de algumas indústrias.

2.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO

Para as coletas, foram realizadas 13 saídas a campo mensalmente, entre os dias 15 de agosto de 2021 e 23 de setembro de 2022. Para isso, foram executadas as análises das águas obedecendo as delimitações definidas na etapa anterior sempre, entre os dias 15 e 23 de cada mês durante o ano.

Nas quatro primeiras análises, respectivamente nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, coletas de amostras de água foram feitas sempre no início da manhã com temperaturas variando entre 26 e 30°C. Durante esse período, foram utilizadas garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) devidamente esterilizadas para o armazenamento das amostras e colocadas em caixa térmica refrigerada que, posteriormente, foram levadas até o Laboratório de Qualidade de Água – LaQuA da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Câmpus de Nova Mutum, para serem analisadas rapidamente.

Nos meses seguintes, as amostras foram analisadas no próprio local para os parâmetros PH, Temperatura, Turbidez e Oxigênio Dissolvido com a utilização da sonda multiparâmetro Horiba.

Para os meses de março e setembro de 2022, além da análise no local para os quatro parâmetros citados, também, foram recolhidas amostras de água em garrafas PET devidamente

esterilizadas e identificadas e, posteriormente, acondicionados em caixa térmica e levadas ao laboratório credenciado para as análises dos demais parâmetros do IQA, Coliformes Termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Nitrato, Sólidos Totais, e para o Índice de Estado Trófico-IET. O laboratório de análises atende aos padrões especificados na Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, para rios de água doce de Classe II.

2.2.1. Análise das amostras coletadas

A análise das quatro amostras coletadas foram executas no laboratório da UNEMAT no Câmpus de Nova Mutum logo após o recolhimento, sendo que as demais análise foram feitas a campo e ocorreram de acordo com os parâmetros do IQA que segundo Libânio (2010) que, além de analisar a qualidade da água, permite também entender os impactos de ações para preservação dos recursos hídricos. Portanto as amostras foram analisadas e discutidas individualmente para cada um dos nove parâmetros do IQA: o Oxigênio dissolvido (mg/L); Temperatura(°C); Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL); Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) e os Sólidos Totais (mg/L).

A partir da quinta análise, para o Oxigênio dissolvido (mg/L) da Temperatura(°C) do pH e da Turbidez (NTU), foram realizadas no local através do equipamento de multiparâmetro, a Sonda Horiba. A análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L), os Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) e os e os Sólidos Totais (mg/L), com a execução de apenas duas análises, sendo uma no período chuvoso no mês de março/2022, e, a outra, na estiagem em setembro/2022, por laboratório particular.

Para averiguar a qualidade da água nas amostras coletadas, foi utilizado o cálculo do IQA disponível na CETESB usando a Equação 1:

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

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

Qi = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que: em que:

n = número de variáveis que entram no cálculo do IQA

i = número do parâmetro, variando de 1 a 9 (n=9, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

Para classificar o IQA, utilizaram-se os dados disponibilizados pela CETESB para o estado de Mato Grosso, nos quais: para a categoria “Ótima” a ponderação será $91 < IQA \leq 100$; “Boa” $71 < IQA \leq 90$; “Regular” $51 < IQA \leq 70$; “Ruim” $26 < IQA \leq 50$ e “Péssima” $0 < IQA \leq 19$. Esses dados foram analisados de acordo com os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005, em que o córrego está classificado como classe 2 – que são as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como: natação, esqui-aquático e mergulho; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e a aquicultura e a atividade de pesca.

As categorias e as ponderações foram analisadas conforme Tabela 4 (LAMPARELLI 2004).

Tabela 2 - Categorias e ponderações do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$91 < IQA \leq 100$
BOA	$71 < IQA \leq 90$
REGULAR	$51 < IQA \leq 70$
RUIM	$26 < IQA \leq 50$
PÉSSIMA	$0 < IQA \leq 25$

FONTE: Adaptado de Lamparelli (2004).

Realizou-se, também, o cálculo do IET – Índice de Estado Trófico, para o Fósforo (P), em apenas duas amostras, sendo uma realizada no período chuvoso e a outra a realizar na seca, a fim de avaliar a qualidade da água quanto a seus nutrientes. Conforme Queiroz *et al.* (2020), é necessário adicionar às amostras coletadas dez gotas de ácido sulfúrico 50% para conseguir neutralizar o efeito dos microrganismos responsáveis pela degradação do fósforo.

Para analisar o IET – Índice de Estado Trófico para o Fósforo para os pontos 1, 2, 3 e 4, que são ambientes lênticos, foi utilizada a equação: $IET (PT) = 10 \cdot (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln PT) / \ln 2))$ (Lamparelli 2004). Para à análise do IET para os pontos 5, 6, 7 e o PC, que são ambientes lóticos, foi utilizada a equação: $IET (PT) = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln PT)) / \ln 2))$ (Lamparelli

2004). Em que, IET = Índice de Estado Trófico PT = Concentração de Fósforo Total medida à superfície da água, em $\mu\text{g. L}^{-1}$; IN = logaritmo natural.

As categorias e ponderações foram analisadas de acordo com parâmetros estipulados por Lamparelli (2004), conforme dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 3 - Categorias e ponderações do IET

Categoria	Ponderação
Hipereutrófico	$\text{IET} \leq 67$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Oligotrófico	$47 \text{ IET} \leq 52$
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$

FONTE: Adaptado de Lamparelli 2004

Os resultados foram apresentados em gráficos com os valores das amostragens efetuadas durante um ciclo hidrológico, entre setembro de 2021 e agosto de 2022. O cálculo do IQA foi feito por meio do produto ponderado a partir dos nove parâmetros utilizados obedecendo as orientações dispostas no Índice de Qualidade da Água.

2.2.2. Análises estatísticas

Os dados obtidos a partir das análises realizadas foram tabuladas em planilhas eletrônicas, já as análises estatísticas foram feitas em duas etapas, ambas utilizando o software BioEstat 5.3, conforme pode ser visto na figura 6.

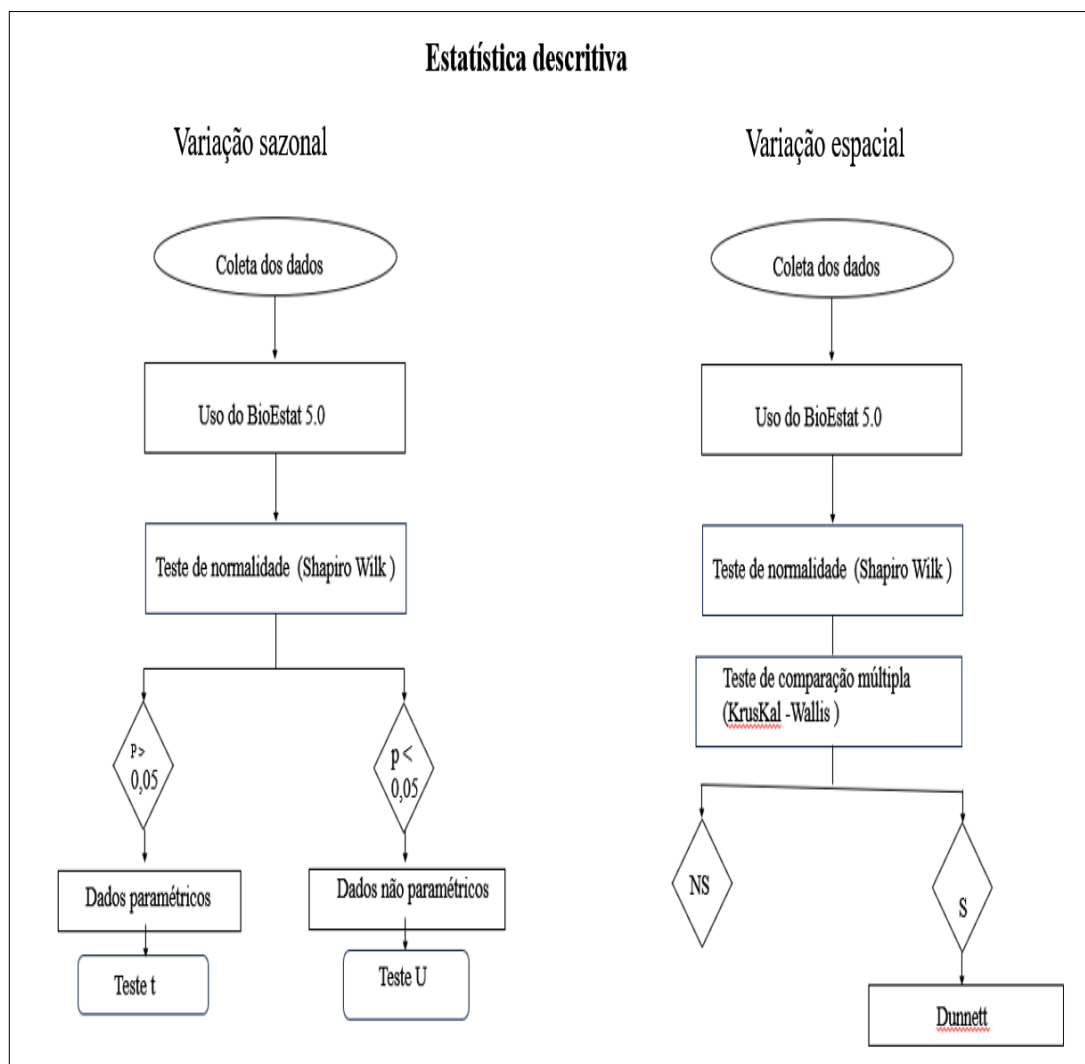


Figura 6. Fluxograma estatística descritiva.
 FONTE: Elaborada pela autora (2023).

Inicialmente, verificou-se a partir do teste de Shapiro – Wilk (1965) 95% de confiança, a fim de averiguar a normalidade dos dados nos oito pontos agrupados, durante os doze meses, separando os dados por períodos. Os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, para o período chuvoso e maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, para o período de seca. Ademais, na segunda etapa para o teste de normalidade, os dados de seca e chuva, durante os doze meses, foram separados por pontos. Na primeira etapa, analisou-se a variação sazonal para verificar se houve diferenças entre os períodos chuvoso e de seca. Na segunda etapa, foi verificada a variação espacial.

Em seguida, foi utilizado o teste paramétrico t, para comparar as médias utilizadas, nos dados com distribuição normal. Já para os dados sem distribuição normal, aplicou-se o teste não paramétrico U (Mann-Whitney), a fim de comparar as medianas. Os testes foram aplicados

para compreender se houve ou não diferenças nos dados entre os períodos de seca e chuva e, assim, entender a influência dos dois períodos na qualidade da água.

Posteriormente, aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para verificar se houve, ou não, diferenças entre as variáveis analisadas; logo após, adotou-se o teste de comparação múltipla Dunnett para verificar quais foram as diferenças que ocorreram nas variáveis identificadas com diferenças significativas no teste anterior.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises dos parâmetros químico-físicos estão apresentados nas tabelas e figuras a seguir.

Os quatro primeiros pontos são ambientes lênticos (figura 4), formados por lagos que foram construídos com finalidades paisagísticas e estão localizados na porção mais ao centro da cidade. Observa-se ainda que são áreas com maior ausência de vegetação. Pelas imagens, é possível constatar que existe uma arborização no entorno desses pontos. No entanto, os quatro últimos pontos são ambientes lóticos e estão mais distantes do centro e é notório a mudança de vegetação em suas margens.

Na figura 5, nos P5, P6 e P7 é possível identificar a presença de mata ciliar às margens do riacho, de modo a contribuir com a preservação do recurso hídrico o que pode ser comprovado a partir dos resultados das análises.

3.1. VARIACÃO SAZONAL E ESPACIAL DAS QUATRO VARIÁVEIS ANALIZADAS NOS PERÍODOS DE SECA E CHUVA

Os resultados da média anual das doze análises para as variáveis pH, OD, Turbidez e Temperatura, agrupadas em períodos chuvoso e seco, estão apresentadas nos mapas 4, 5, 6 e 7 (disponíveis em anexos) e nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8, tendo como parâmetro a Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe II, onde: Temperatura - $<40^{\circ}\text{C}$; Oxigênio Dissolvido - $>5,0$; pH – entre 6,0 e 9,0 e Turbidez - $< 100,0$.

Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro – Wilk com 95% de confiança a fim de verificar se houve ou não normalidade nos dados (Tabela 6).

Tabela 4 - Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Variáveis	Período	p -Valor	Estatística W	Resultado*
pH	Seca	0,8363	0,9832	P
	Chuva	0,4815	0,9731	P
OD	Seca	0,0239	0,9383	NP
	Chuva	0,0092	0,8588	NP
Turbidez	Seca	0,0058	0,5393	NP
	Chuva	0,0531	0,9474	P
Temperatura	Seca	0,0098	0,9107	NP
	Chuva	0,2907	0,2907	P

*P para Dados paramétricos e NP para dados Não Paramétricos.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Na Tabela 6, os resultados revelam que a variável pH, tanto no período de seca quanto de chuva, apresentou uma distribuição normal dos dados, cujos resultados para os períodos de seca e chuva foram $W=0,9832$; $p=0,8363$ e $w=0,9731$; $p=0,4815$, respectivamente. Por outro lado, para o oxigênio Dissolvido, tanto para o período da seca quanto para o período de chuva, os resultados foram $w=0,9383$; $p=0,0239$ e $w=0,8588$; $p=0,0092$, mostrando que não há uma distribuição normal entre as amostras analisadas. Para as variáveis turbidez e temperatura, ambas não apresentaram normalidade entre os dados no período da seca, já no período de chuva houve distribuição normal entre os dados.

Os testes de normalidade foram realizados para os resultados das análises dos oito pontos durante um ciclo hidrológico completo conforme pode ser visto na tabela 7.

Tabela 5 . Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para o período de um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Variável	Estatística	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
pH	p-Valor	0.5169 ^P	0.1817 ^P	0.9571 ^P	0.0392 ^{NP}	0.3891 ^P	0.0947 ^P	0.0875 ^P	0.8057 ^P
	w	0.9443	0.8952	0.9802	0.8478	0.9264	0.8805	0.8770	0.9659
OD	p-Valor	0.1374 ^P	0.0720 ^P	0.3541 ^P	0.5172 ^P	0.0748 ^P	0.2931 ^P	0.0367 ^P	0.8349 ^P
	w	0.8886	0.8695	0.9211	0.9443	0.8709	0.9120	0.8452	0.9681
Turbidez	p-Valor	0.0408 ^{NP}	0.0077 ^{NP}	0.0087 ^N _P	0.0072 ^{NP}	0.0095 ^{NP}	0.0080 ^{NP}	0.0056 ^{NP}	0.04155 ^P
	w	0.8495	0.6195	0.6969	0.5798	0.7669	0.6408	0.4542	0.9303
Temperatura	p-valor	0.1370 ^P	0.0993 ^P	0.5694 ^P	0.3701 ^P	0.7314 ^P	0.3990 ^P	0.4935 ^P	0.7411 ^P
	w	0.8885	0.8827	0.9482	0.9235	0.9604	0.9278	0.9420	0.9611

*P para Dados paramétricos e NP para dados Não Paramétricos.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Para as variáveis pH, OD e temperatura, com exceção do pH no ponto 4, os dados apresentaram normalidade, tanto entre os pontos quanto entre os meses ao longo do ano. Já a variável turbidez, com exceção do ponto 7, não apresentou normalidade nem entre os pontos e nem entre os meses ao longo do ciclo hidrológico.

3.1.1. Potencial Hidrogeniônico – pH

Nos ambientes aquáticos, o pH pode influenciar a vida de muitas espécies e pode, também, de maneira indireta, influenciar na precipitação de alguns elementos tóxicos afetando a vida aquática. De acordo com a Resolução CONAMA, é necessário que o pH fique entre 6,0 e 9,0 para garantir a manutenção da vida. Todavia, Libânio (2010) sugere que esses valores fiquem entre 6,0 e 8,5 para garantir essa manutenção.

Para os valores do pH, no período da seca as médias ficaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação (figura 7). No período das chuvas, os pontos PC e P7 ficaram com médias inferiores ao estabelecido pela Resolução 357/05, o PC com média 5,85 e o P7 5,87. Leitão *et al.* (2015) constatou resultados parecidos no monitoramento da Qualidade da Água em uma região de preservação ambiental, em dois pontos com pH 5,53 e 5,85.

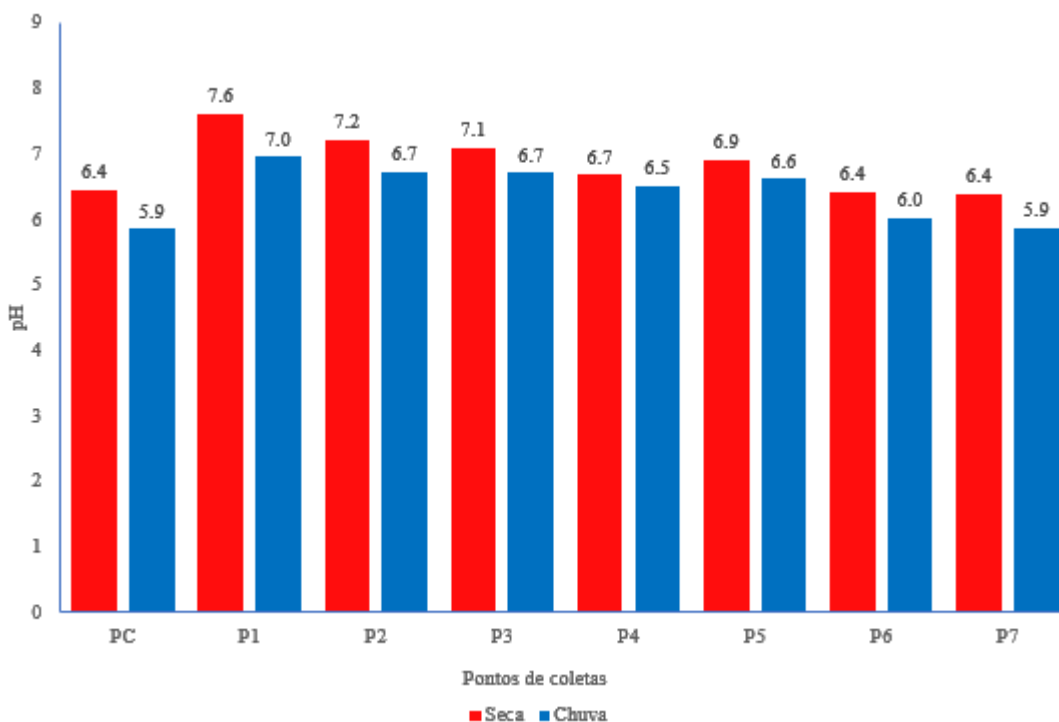


Figura 7. Média anual por período de seca e chuva para variável Potencial Hidrogeniônico – pH.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Os valores de pH apresentados na figura 7 mostra que, no período chuvoso, as águas se mantêm mais ácidas, o que também foi relatado por Buhler *et al.* (2013).

3.1.2. Temperatura

A temperatura é um importante indicador de lançamentos de efluentes, quando esses são expostos a altas temperaturas geram impactos significativos nos corpos hídricos. O aumento das temperaturas causa uma alteração na taxa metabólica dos peixes, o que pode gerar um gasto calórico muito maior e, conseqüentemente, o aumento no uso de oxigênio, deixando as espécies mais suscetíveis aos poluentes. Quando essa mudança ocorre para uma ocorrência menor, os

peixes podem sofrer quadros hemorrágicos e uma diminuição do muco protetor da pele, deixando-os mais fragilizados aos ataques de parasitas acarretando sua morte. Qualquer variação brusca de temperatura de 3°C a 4°C durante o mesmo dia, poderá levar a morte de peixes (CETESB, 2023).

Fantin *et al.* (2010) afirma que as temperaturas mais elevadas causam um empobrecimento na concentração de oxigênio, acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica. Estudos têm mostrado que essas alterações podem levar a mudanças de comportamentos dos peixes como, por exemplo, a migração.

É importante relatar que, no decorrer do dia e dos diferentes períodos do ano, como na seca e na chuva, ocorrem uma variação natural da temperatura. A radiação solar exerce grande influência na temperatura das águas tanto nos períodos de chuvas e seca, quanto na variação entre dia e noite. Nessa perspectiva, a temperatura tende a ser maior nos períodos de chuvas e durante os dias, pois a refletividade dos raios solares é maior. Marinho (2016) comprovou essa afirmação em uma análise realizada nos rios Negro e Solimões em 2010, onde as maiores temperaturas foram registradas no período chuvoso e durante o dia.

Na Figura 20 observa-se que as médias obtidas ficaram entre 24°C e 28.17°C, portanto dentro dos limites estabelecidos pela resolução, < 40°C. As temperaturas médias durante o período da seca se mantiveram entre 25°C e 26°C em quase todos os pontos. Já para o período chuvoso as médias oscilaram entre 26°C e 28°C.

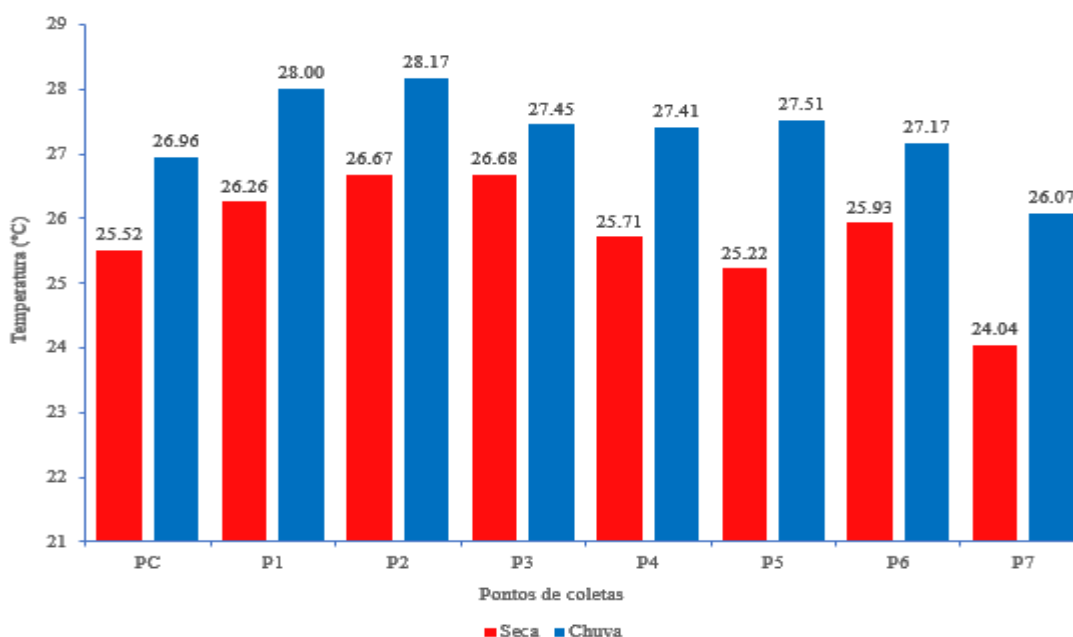


Figura 8. Média anual por período de seca e chuva para variável Temperatura.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P7 foi o que teve a menor temperatura, tanto no período de seca (com 24,04°C), quanto no período chuvoso (com 26,07°C), o que pode ser explicado pela sua localização geográfica, estando mais distante da área urbana e por possuir suas margens mais preservadas com manutenção de sua vegetação nativa. É possível notar uma tendência de aumento nos pontos mais próximos a montante e uma redução maior nos pontos mais a jusante.

A fim de comparar os dados entre seca e chuva, após o teste de normalidade foi aplicado os testes t para as variáveis que apresentaram normalidade e o teste U para as que não apresentaram (Tabela 8).

Tabela 6 . Resultados dos testes t ou U, com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho

Variável	Período	Média/ Mediana	DVP	DVI	p-Valor	Estatística	Parâmetros (357/05) Classe II
pH	Seca ^P	6.84	0.78	0.87	0.0093 ^S	t=2,6523	6,0 – 9,0
	Chuva ^P	6.40	0.82	1.03			
OD (mg/L)	Seca ^{NP}	6.92	1.97	3.07	0.2183 ^{NS}	U= 984.00	> 5,0 mg/L
	Chuva ^{NP}	6.47	1.75	3.37			
Turbidez (NTU)	Seca ^{NP}	17.60	56.56	34.80	0.2545 ^{NS}	U= 996.50	<100
	Chuva ^P	14.25	7.83	11.67			
Temperatura	Seca ^{NP}	25.58	1.66	1.29	<0.0001 ^S	U= 449.50	<40° C
	Chuva ^P	27.07	1.18	1.53			

^{NS} Não Significativo com 95% de confiança.

* Médias/Mediana seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelos testes t ou U, com 95% de confiança.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Na comparação entre os períodos de seca e cheia, o teste t para o pH e o teste U para a temperatura, ambos com 95% de confiança, não apresentaram diferenças significativas (t=2,6523; p=0,0093 e U=449,50; p<0,0001), respectivamente, ou seja, as chuvas não influenciam no pH e na temperatura das águas do riacho Bujuzinho.

Já as variáveis OD e turbidez são influenciadas pelos dois períodos, pois de acordo com o teste estatístico aplicado, o OD e a turbidez apresentaram diferenças significativas entre seca e chuva (U=984,00; p=0,2183 e U=996,50; p=0,2545), respectivamente.

3.1.3. Oxigênio Dissolvido -OD

Os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/05 para o Oxigênio Dissolvido é de >5,0 mg/l, mas os limites de tolerância para a vida aquática variam de acordo com cada espécie.

As médias para o período de seca variaram entre 5,22 e 8,27 (figura 9). O ponto com o menor valor foi o P3 com 5,22, mantendo-se dentro do limite permitido, tal valor pode ser justificado por estar mais localizado ao centro da cidade, por receber a drenagem das águas do P1 e P2 e por ter suas margens com alteração antrópica. O P7 foi o ponto de maior média nesse período com 8,27. Por outro lado, no período chuvoso o P4 teve a menor média 5,49 e o P7 se manteve com a maior média 8,07.

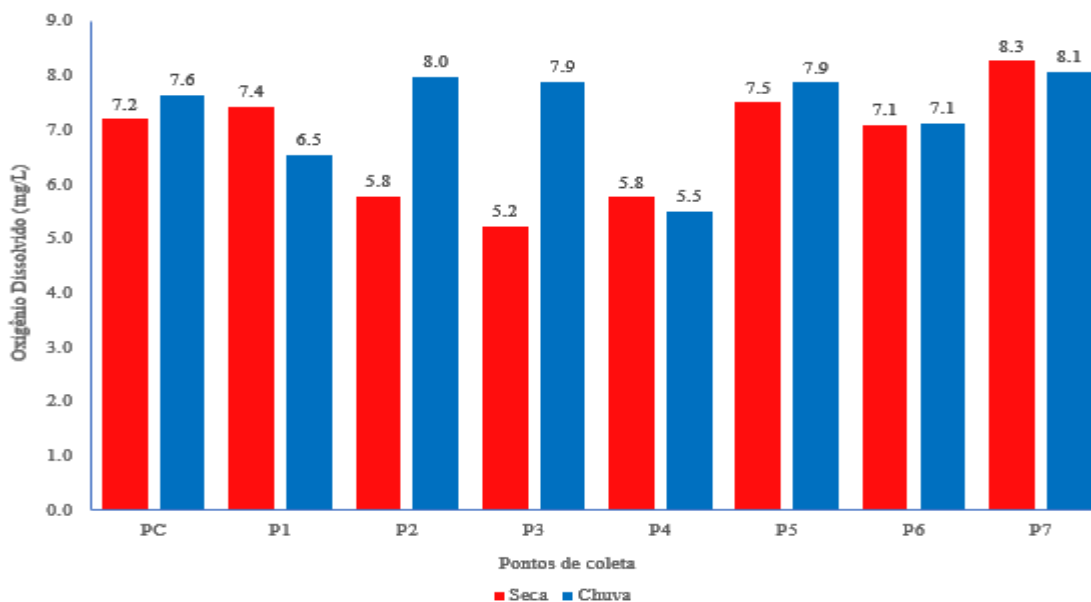


Figura 9. Média anual por período de seca e chuva para variável Oxigênio Dissolvido.

FONTE Elaborado pela autora (2023).

Oliveira *et al.* (2018), em estudo realizado em três córregos na zona urbana de Humaitá – AM, encontraram valores parecidos para o período da seca, nos quais em um dos córregos o OD ficara entre 5,7 e 5,9. Para o período chuvoso, médias parecidas foram encontradas por Rabelo *et al.* (2015), nos córregos urbanos de Presidente Prudente, variando entre 6,92 e 8,40.

Conforme Nozaki *et al.* (2014), no período das chuvas, o Oxigênio Dissolvido nos rios urbanos analisados, também foram maiores que no período de seca, o que pode ser justificado pelo aumento na agitação das águas causadas pelas chuvas e pelas temperaturas que normalmente são mais elevadas nesse período.

Valores menores na seca foram observados por Bleich *et al.* (2008) em um ecossistema lótico no Cerrado de Mato Grosso e por Araújo *et al.* (2017) na região semiárida no Norte da Bahia.

As médias obtidas foram satisfatórias comparando-as com os valores limites da Resolução 357/2005 do CONAMA, mas sugere que, no período de seca nos pontos P2, P3 e

P4, que as médias ficaram menores, possam ter alguma decomposição de matéria orgânica resultante, possivelmente, do lançamento de efluentes, pois nesse período ocorreram mortes de peixes conforme mostrado na Figura 22. Oliveira *et al.* (2008), em análise nos riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro, encontraram essa redução na seca devido a menor diluição dos poluentes, pois nesse período o volume de água reduz muito, o que também acontece nos P2, P3 e P4 que são ambientes lênticos.



Figura 10. Morte de peixes no período da seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

As reduções no Oxigênio Dissolvido podem levar a alterações severas nos ambientes aquáticos, se esses estiverem recebendo maiores quantidades de matéria orgânica, como por exemplo, lançamentos de esgotos domésticos, visto que, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica, maiores serão as taxas de respiração dos microrganismos, aumentando, assim, os níveis de Dióxido de Carbono e Metano reduzindo o OD e, consecutivamente, diminuindo as condições adequadas para a respiração dos microrganismos aquáticos e dos peixes. (FIORUCCI e FILHO, 2005).

3.1.4. Turbidez

A turbidez, por ser uma medida da quantidade de partículas suspensas na água – como: sedimentos, argila, matéria orgânica e outros detritos –, é facilmente afetada pelas variações sazonais, provocadas pela quantidade de precipitação e disponibilidade de água, ela mostra a intensidade de redução sofrida por um feixe de luz quando atravessa a água, o que é causado pelos materiais sólidos em suspensão como, por exemplo, a argila e a areia entre outros.

Na figura 11, é possível observar que a Turbidez se manteve com médias de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 nos dois períodos em quase todos os pontos, somente o P1 na seca não se enquadrava nos limites da Resolução, apresentando média de 133,55, sugerindo um comprometimento na preservação dos organismos aquáticos podendo ter como causas possíveis fontes de poluição. Oliveira *et al.* (2018) monitoraram valores entre cem e duzentos NTU, o que foi justificado, possivelmente, pela baixa vazão no período da seca. Rabelo *et al.* (2015) registraram valores elevados de Turbidez no período de chuvas, justificando-se pela combinação do despejo de efluentes de indústrias e o maior volume de água. Silva *et al.* (2008) e Barros *et al.* (2011) também encontraram maiores concentrações de turbidez no período da seca, que foram associadas aos tamanhos e origens das partículas e ao despejo de efluentes domésticos e de oficinas presentes próximas ao local de análise.

Situação parecida pode estar ocorrendo no riacho Bujuizinho, de acordo com a figura 11, apenas os PC e P7 tiveram maiores índices no período chuvoso, que são os pontos mais distantes do centro da cidade. Os demais, apresentaram valores maiores na seca e possíveis efluentes domésticos podem estar contribuindo para esses resultados.

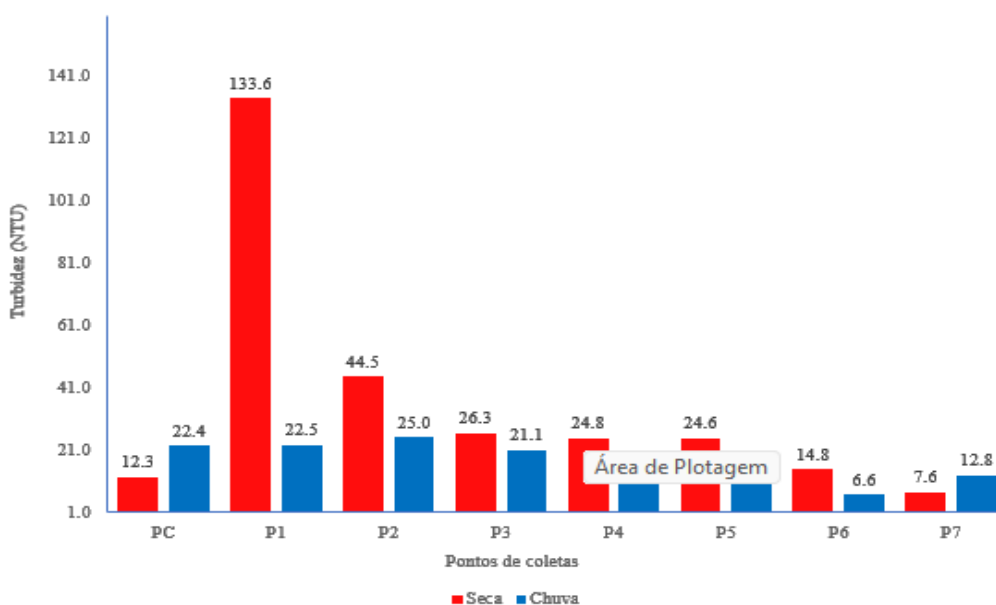


Figura 11. Média anual por período de seca e chuva para variável Turbidez.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

De acordo com a análise do teste de comparação múltipla Kruskal-Wallis, na Tabela 9, pode-se observar que existe diferenças significativas entre as medianas das variáveis turbidez, OD e pH.

Tabela 7 . Resultado do teste de comparação múltipla dos dados pelo teste de Kruskal -Wallis, com 95% de confiança

Variável	p-Valor	H
pH	0.0016	231.119
OD	0.0238	161.430
Turbidez	<0.0001	499.910
Temperatura	0.0163	2.6276

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Com relação ao OD, que é um fator limitante da vida aquática, baixos níveis podem indicar problemas de poluição por despejos de esgotos sem prévio tratamento e com elevadas cargas de nutrientes, levando a proliferação de algas que, na decomposição, consomem grande parte do oxigênio disponível, levando a mortandade de peixes e outros seres aquáticos.

Assim, os resultados mostram variações significativas nas características das águas avaliadas ao longo do riacho, cujas informações podem ser úteis para identificar possíveis fontes de poluição, que estão alterando a qualidade da água, além de entender melhor a saúde do ecossistema fluvial e guiar ações de monitoramento e gestão para melhorar a qualidade da água e proteger a vida no ambiente aquático.

Para o teste de comparação Dunnett (Tabela 10), pode-se observar que, para as variáveis OD e temperatura, não houve diferenças significativas em nenhum dos oito pontos quando comparados com o ponto controle. Para a variável turbidez, houve diferença significativa apenas no ponto 1 e para o pH nos P1 e P2.

Tabela 8 . Resultado do teste de comparação Dunnett com 95 % de confiança durante um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Pontos	Variáveis			
	OD	Turbidez	Temperatura	PH
PC	7.42	17.32	26.23	6.14
P1	6.98 ^{ns}	78.01 ^s	27.12 ^{ns}	7.28 ^s
P2	6.87 ^{ns}	34.72 ^{ns}	27.41 ^{ns}	6.97 ^s
P3	6.54 ^{ns}	23.70 ^{ns}	27.06 ^{ns}	6.89 ^{ns}
P4	5.62 ^{ns}	19.18 ^{ns}	26.55 ^{ns}	6.59 ^{ns}
P5	7.68 ^{ns}	18.10 ^{ns}	26.36 ^{ns}	6.75 ^{ns}
P6	7.11 ^{ns}	10.69 ^{ns}	26.54 ^{ns}	6.22 ^{ns}
P7	8.16 ^{ns}	10.18 ^{ns}	25.05 ^{ns}	6.12 ^{ns}

^{ns} Não significativo; ^s significativo para p-Valor < 0,05.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Com relação ao resultado do pH nos pontos 1 e 2, observa-se que são alterados para valores mais alcalinos, sugerindo a existência de algum fator externo como despejo de efluentes industriais com cargas alcalinas ou de produtos químicos, no riacho. Dessa forma, é importante destacar que um aumento significativo do pH de um rio pode trazer impactos ambientais e para a vida dos seres aquáticos, pois pode prejudicar a sobrevivência de organismos aquáticos que são mais sensíveis, alterar a disponibilidade de nutrientes afetando de forma geral a saúde desse ambiente.

3.1.5. Índice de Qualidade da Água – IQA

Os resultados obtidos para o IQA nos períodos chuvoso e seco estão apresentados nas figuras 12 e 13.

Como pode ser observado na Figura 12, os menores resultados para o IQA no período chuvoso ocorreram nos pontos PC, P1, P2, P3, P4 e P5, ficando todos na categoria Regular entre $51 \leq 70$, sendo que o ponto com o menor índice foi o P2.

No período chuvoso, nota-se que o IQA variou entre “Regular” e “Boa”, comportamento semelhante ocorreu em estudo realizado por Santos *et al.* (2020), no Ribeirão Espírito Santo – MG, onde obteve os melhores resultados nos meses de maiores volumes de chuvas, o que foi justificado pela diluição dos poluentes que foram carregados durante os meses mais secos. Isso foi relatado por Nunes *et al.* (2017), que também obteve melhores resultados para o IQA neste mesmo período em seu estudo realizado nas águas do Manancial de abastecimento do município de Ji-Paraná – RO.

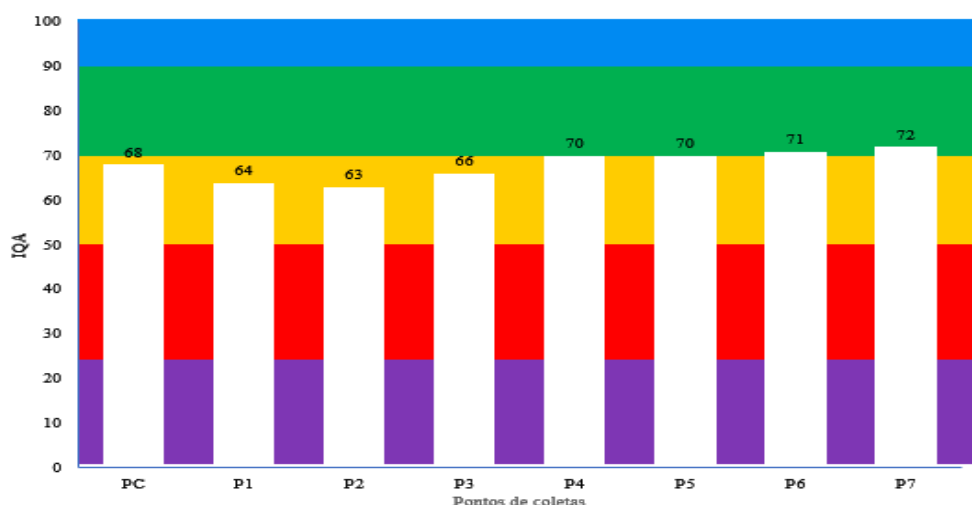


Figura 12. IQA calculado para o período chuvoso.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Os P6 e P7 ficaram na categoria “Boa” de $71 \leq 90$, esses são os pontos mais afastados do centro da cidade com seu curso já em área rural com maior preservação de suas margens.

Nota-se que, para esse período, os pontos analisados não obtiveram índices inferiores ao limite aceitável < 50 ; porém, nenhum dos pontos apresentaram IQA ótimo que varia entre $91 \leq 100$. A ausência desses valores podem estar associados com o tipo de uso do solos, no entorno da bacia, onde pode ser constatado no mapa 3 (disponível em anexos) que existe uma alteração antrópica no local com grandes áreas de construção e expansão urbana. Também, verifica-se áreas de agricultura intensiva muito próximas ao curso do riacho.

De modo geral, os resultados apontaram para um IQA regular mesmo no período das chuvas que esses índices tendem a ser maiores, o que pode indicar que efluentes urbanos estejam sendo carregados para o riacho, já que a cidade não possui coleta e nem tratamento de esgoto, o que é responsabilidade de cada habitação fazendo seu descarte, em fossas sépticas, com maiores probabilidades, de despejo clandestino, desses efluentes no riacho.

Esses resultados mostram a importância do monitoramento da qualidade da água e principalmente da implantação de uma rede de coleta e tratamento de esgoto juntamente com projetos, visando a educação ambiental que oriente a população sobre a necessidade de conservação das águas.

Para um melhor entendimento dos resultados do Índice de Qualidade das Águas, é importante que eles sejam correlacionados com os parâmetros individuais analisados, pois o índice pode esconder algumas informações relacionadas aos parâmetros (LIMA *et al.*, 2012).

Na Tabela 11, apresentam-se os dados analisados para as concentrações das nove variáveis do IQA.

Tabela 9 . Concentrações das variáveis do IQA para o período chuvoso

Variáveis	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Parâmetro
Coliformes termotolerantes	410	510	880	380	440	550	720	250	≤ 1000
DBO	$< 1,76$	7,00	6,10	5,90	2,50	2,13	$< 1,76$	2,07	≤ 5
Fósforo total	$< 0,06$	0,45	0,35	0,30	0,10	0,07	$< 0,06$	0,06	$\leq 0,1$
Nitrato	0,08	0,59	0,70	0,64	0,35	0,21	0,26	0,29	≤ 10
Sólidos totais	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	-
Temperatura	27,77	29,33	29,67	28,71	28,62	28,77	28,15	28,15	$< 40^\circ \text{C}$
Potencial hidrogeniônico	5,92	8,44	7,65	7,42	7,25	7,44	6,57	6,22	6,0 – 9,0

Turbidez	31,0	27,50	27,70	25,20	13,20	11,60	7,20	13,00	<100
Oxigênio dissolvido	8,08	8,24	9,28	9,69	5,37	10,07	6,09	9,26	>5,0 mg/L

Valores em vermelho estão em desacordo com a legislação.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Analisando as variáveis individualmente, nota-se que os valores para a DBO e o Fósforo total ficaram acima do limite permitido pela legislação nos pontos 1, 2 e 3, já no PC o pH ficou abaixo do limite. Comparando com o IQA, é notório que os pontos que apresentaram valores em desacordo com a Resolução para pelo menos uma das variáveis são os pontos com menores valores do IQA.

Para o período da seca, os pontos P1 e P2 foram os que apresentaram os piores índices, 30 e 47, respectivamente; sendo que, no período anterior, ficaram com IQA Regular e na seca regrediu para a categoria “Ruim” entre $26 \leq 50$ (figura 13). Santos *et al.* (2020) também observaram essa redução, para o período, em quatro dos pontos analisados onde variou entre “Boa”, “Regular” e “Ruim”. Esse comportamento também fora registrado por Leitão *et al.* (2015), onde os menores valores registraram-se no final da estiagem. Oliveira *et al.* (2018) tiveram a mesma constatação, com os piores índices nesse período.

Já os pontos PC, P3 e P4 não tiveram alterações em relação ao período chuvoso se mantendo assim como regular.

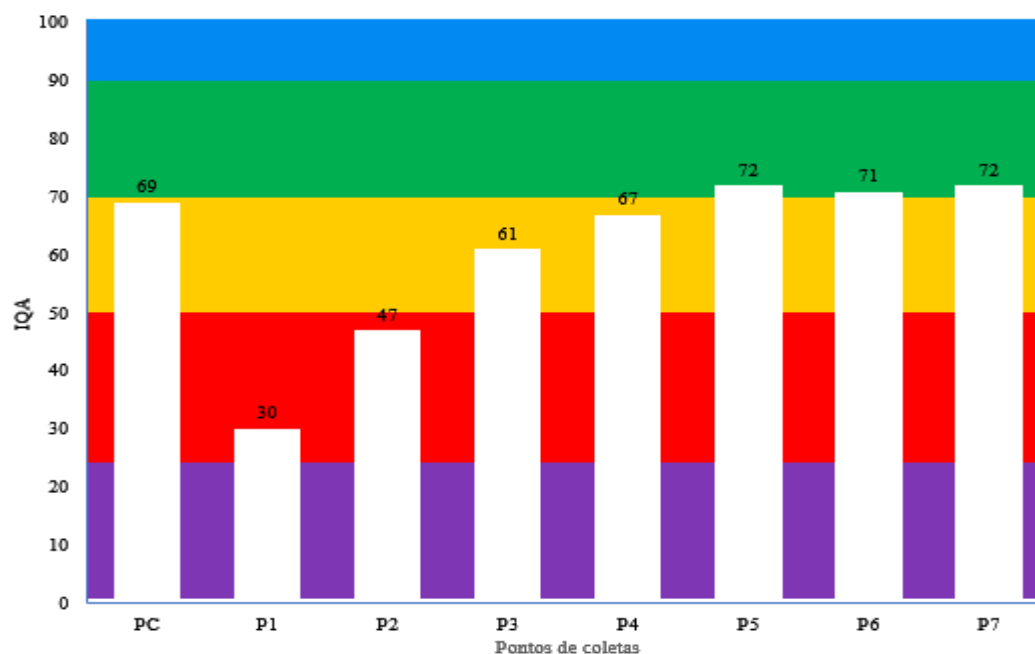


Figura 13. IQA calculado para o período de seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

O P5 apresentou melhora na qualidade da água em relação ao período chuvoso que antes era “Regular” e na seca passou para “Boa”. Já os P6 e P7 mantiveram a qualidade da água apresentada no período chuvoso.

Nos dois períodos analisados, nota-se que maior parte dos pontos os valores para o IQA identificaram uma qualidade da água “Regular”, apenas dois pontos no período chuvoso e três na seca, obtiveram uma boa qualidade das águas. Sendo assim, dois pontos na seca ficaram classificados com IQA “Ruim”, os P1 e P2, que se mantiveram com os menores índices em ambos os períodos monitorados.

Em relação às análises individuais das variáveis, o P1 e o P2 que apresentaram IQA abaixo da média permitida, observa-se na Tabela 12 que a média para a DBO ficou acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. O P1 obteve os resultados mais críticos, DBO – 77, pH – 9,31 e Turbidez – 280,0. Os P2 e P3 tiveram valores em desacordo com a legislação para DBO e OD, enquanto o P4 apenas para OD.

Os valores elevados para DBO é um indicativo de presença de efluentes domésticos ou industriais. Fiorucci e Filho (2005), afirmam que águas com poluição por resquícios de alimentos ou até mesmo de animais, apresentam DBO superiores a produção de Oxigênio.

O pH – 9,31 sugere a possibilidade de despejo de efluentes domésticos como, por exemplo, produtos de limpeza que possuem pH mais elevados, como, por exemplo, limpadores multiuso com pH 11, limpadores de forno com pH 13 e alvejantes com pH 13.

Tabela 10 . Concentrações das variáveis do IQA para o período de seca

Variáveis	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Parâmetro
Coliformes termotolerantes	470	810	580	990	660	130	110	140	≤1000
DBO	3,47	77,00	8,03	6,77	2,03	3,72	3,86	4,60	≤ 5
Fósforo total	< 0,06	0,70	0,08	0,06	0,06	<0,06	<0,06	<0,06	≤ 0,1
Nitrato	0,25	0,25	<0,08	1,26	0,10	<0,08	2,20	0,78	≤ 10
Sólidos totais	54	560	256,0	436,0	186,0	456,0	116,0	104,0	-
Temperatura	26,61	29,26	29,03	27,15	26,50	26,92	26,61	26,91	<40° C
Potencial hidrogeniônico	6,39	9,31	7,86	7,31	7,25	7,32	6,39	6,39	6,0 – 9,0
Turbidez	4,0	280,0	44,6	22,3	15,0	13,1	4,0	4,2	<100
Oxigênio dissolvido	5,45	8,81	4,08	1,64	4,80	7,92	5,45	6,24	>5,0 mg/L

Valores em vermelho estão em desacordo com a legislação.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

3.1.6. Índice de Estado trófico – IET

Os dados abaixo apresentam a classificação para o Índice de Estado Trófico, baseado no fósforo, para o período chuvoso e de seca.

A Figura 26 evidencia as características da água mostrando um desequilíbrio em relação ao estado trófico. De acordo com Lamparelli (2004), as condições ideais dessas características devem ser de $47 \leq 52$, não havendo, assim, interferências indesejáveis.

Os P1, P2 e P3, região lentic, tiveram os piores índices classificando-os como hipereutrófico, o que indica uma grande concentração de matéria orgânica e de nutrientes com comprometimento da vida aquática, podendo ocorrer mortandades de peixes e afetar a utilização de suas águas para fins de dessedentação animal.

Baumgarten e Paixão (2013), em estudo parecido no estuário da Lagoa dos Patos – RS, também apresentaram IET Hipereutrófico em pelo menos dois pontos, consequência do lançamento de efluentes industriais provenientes do processamento de grãos e de efluentes domésticos clandestinos. Afirma ainda que essa alteração ocorre devido a grande quantidade de matéria orgânica depositada pelos efluentes que no processo de decomposição aumenta os compostos nitrogenados e fosfatados, favorecendo o surgimento das algas. Silva *et al.* (2014), identificou hipertrofia para o mesmo período no Rio Anil - MA, afirmando que suas águas se enquadram como poluídas.

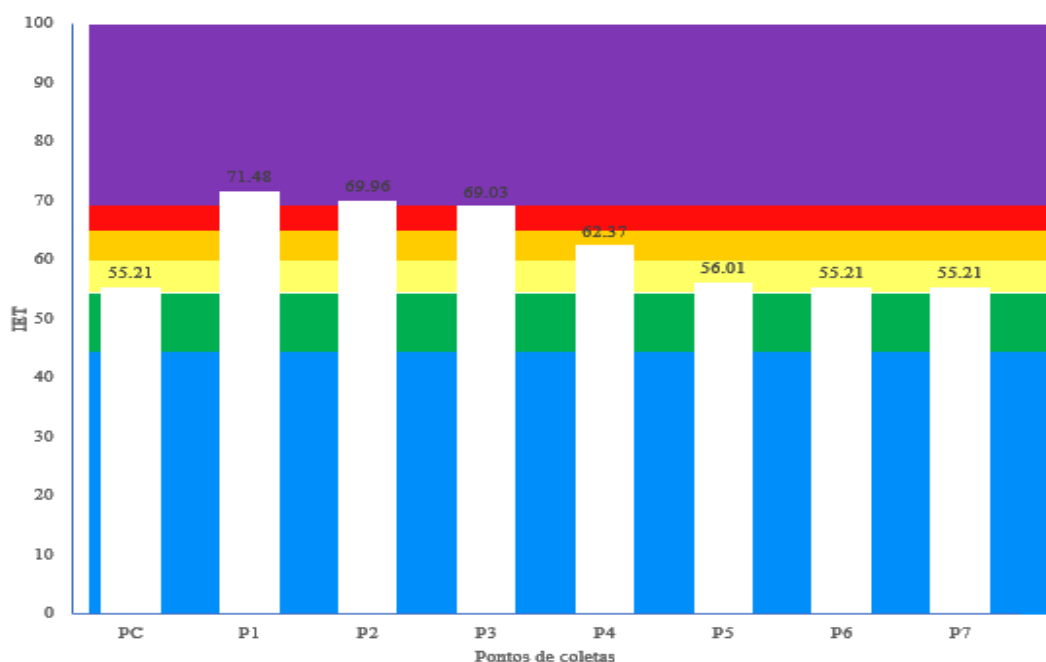


Figura 14. IET calculado para o período chuvoso.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P4 apresentou IET Eutrófico mostrando que existe forte alteração antrópica.

Os PC, P5, P6 e P7 foram os pontos com melhores índices, sendo classificados como mesotrófico, ou seja, ainda existem alterações antrópicas afetando as características das águas, mas de forma intermediária. Tal situação também foi observada por Prado e Novo (2007), no Rio Piracicaba, o que pode indicar que existe poluição em pequena escala.

No período das secas (figura 15), apenas o P1 manteve-se como hipereutrófico com um pequeno aumento no seu índice em relação ao período chuvoso, de 71,48 para 74,16. O Rio Arari na Ilha de Marajó obteve o mesmo grau de trofia para o período da seca (ALVES *et al.*, 2012). Índices mais elevados foram encontrados na Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora – MG, conforme afirmam Bucci e Oliveira (2014).

Os P2 e P3 tiveram uma melhora passando de hipereutrófico para eutrófico e o P4 permaneceu eutrófico. Por outro lado, os PC, P5, P6 e P7 permaneceram mesotróficos.

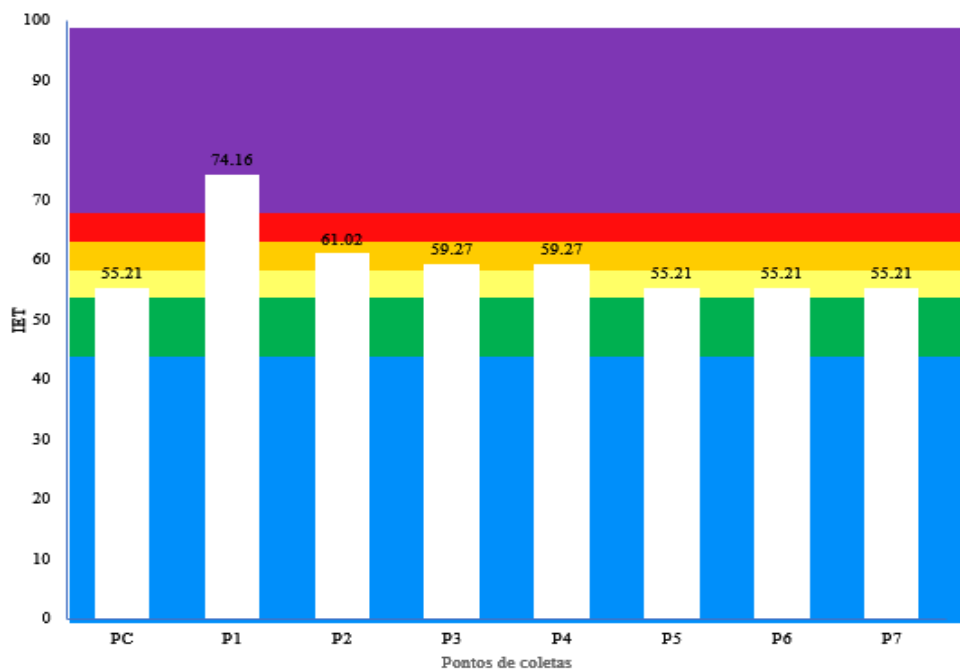


Figura 15. IET calculado para o período da seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Em termos gerais, verificou-se que os pontos mais afetados pela antropização são os P1, P2, P3 e o P4 que são os pontos localizados em ambientes lênticos, e os pontos com os índices intermediário foram o PC, P5, P6 e P7, sendo, esses ambientes, lóticos.

O cálculo do IET para o riacho Bujuzinho variou entre mesotrófico e hipereutrófico, o que concerne características de corpos d'água com produtividade intermediária a afetados

significativamente por grandes concentrações de matéria orgânica e nutrientes. De acordo com esses resultados, constata-se que, a bacia do riacho Bujuzinho apresenta fortes indicativos de lançamentos de efluentes com capacidade orgânica maior que a autodepuração. O que foi afirmado por Queiróz e Melo (2017) quando obteve IET mesotrófico no riacho Queima Pé em Tangará da Serra/MT.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que os pontos que apresentaram maior indicativo de antropização são os P1, P2, P3 e P4 que, durante o período chuvoso, tiveram o IQA Regular, sendo que o P1 e o P2 apresentaram uma alteração negativa no período da seca em que os Índices permaneceram na categoria “Ruim”. Nota-se que nos pontos seguintes, cujo ambiente, nas suas margens, sofrem modificações, os valores dos índices apresentam melhora, tal fator pode estar associado às mudanças de usos do solo em que nesses trechos essas margens encontram-se mais conservadas e esses pontos estão mais distantes do centro urbano, ou seja, à medida que se afasta da nascente principal em direção à foz, a qualidade das águas apresenta melhora.

Os resultados apresentados para o IET baseado no Fósforo evidenciaram que existe um processo significativo de eutrofização, variando entre Mesotrófico – estágio com produtividade intermediária, nos ambientes lóticos; Eutrófico – com alta produtividade em ambientes lênticos e Hipereutrófico – estágio com elevada produção de matéria orgânica e nutrientes, também em ambientes lênticos

Os diferentes usos do solo no entorno da bacia e os resultados apresentados constataam que a antropização tem influenciado no processo de eutrofização e tem alterado a qualidade das águas do riacho Bujuizinho. Esse comportamento está associado ao possível despejo clandestino de efluentes domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I. C. C., EL-ROBRINI, M., SANTOS, M. DE L. S., MONTEIRO, S. DE M., BARBOSA, L. P. F., & GUIMARÃES, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazônica*, 42(1), 115–124. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

ARAÚJO, D. R., MENDONÇA, A. S. F., & REIS, J. A. T. DOS. (2018). Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 23(1), 55–62. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018162462>

BAUMGARTEN, MARIA. (2013). O uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da Lagoa dos Patos (RS). *Atlântica*, 35(1). <https://doi.org/10.5088/atl.2013.35.1>

BARROS, R. V. G., & SOUZA, C. A. de. (2012). Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste, MT. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, (24), 1–16. https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/320

BUCCI, M. H. S., & OLIVEIRA, L. F. C. de. (2014). Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). *Revista Ambiente & Água*, 9(1), 130–148. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1290>

BUHLER, B. & SOUZA, C. & SOBREIRA, E. & OLIVEIRA J. E. (2013). Qualidade da água do Rio Paraguai no perímetro urbano em Cáceres – MT, Brasil. *Revista GeoPantanal*.

BLEICH, MONICA & JOSÉ DA SILVA, CARLOS & ROSSETE, AMINTAS. (2011). Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. *Biotemas*, 22. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p161>

CONAMA (2005). Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em - acessada em 01/04/2021.

CONAMA (2011). Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Disponível em - acesso em 15/07/2022.

FANTIN, C. I. *et al.* (2010). Regime térmico em águas correntes e sua importância na estrutura do habitat e na biologia de organismos aquáticos. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 11(36), 295-307.

FIORUCCI, ANTÔNIO ROGÉRIO; BENEDETTI FILHO, E. (2005). A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova na Escola*, v. 22, 10-16.

ÍNDICE DE QUALIDADE DE DAS ÁGUAS - CETESB. Disponível em – Acesso em 15/04/2021.

LAMPARELLI, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LIMA, S.M.S. ANDRADE, W.G. LOPES, A.C. FAÇANHA. (2019). Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* [Online]. [Acessado em 17 de agosto de 2022]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>. ISSN 2175-3369.

LIBÂNIO, M. (2010). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Átomo: São Paulo.

MARINHO, M.R. (2016). Análise das Variações de Temperatura da Superfície e Refletividade da Água na Área dos Rios Negro e Solimões e Entorno de Manaus. In: Anais do V Congresso de Iniciação do INPA-CONIC.

NOZAKI, C.T. *et al.* (2014). Comportamento temporal do oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. *Atas de Saúde Ambiental-ASA (ISSN 2357-7614)*, v. 2(1), 29-44.

NUÑES, M.L.A. *et al.* (2017). Determinação do índice de Qualidade da Água do manancial de abastecimento do município de Ji-Paraná – Rondonia. *VIII ConGea, 2017*. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.

OLIVEIRA, L., OLIVEIRA, B., & LIMA, L. (2018). Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM. *Revista de Ciências Ambientais*, 12, 25. <https://doi.org/10.18316/rca.v12i3.3606>.

OLIVEIRA, L.C. DE., GOMES, B.M., BAUMGARTNER, G., & SEBASTIEN, N.Y. (2008). Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. *Engenharia Agrícola*, 28(4), 770–781. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400017>.

PEREIRA, P.P., PAREDES, E.A., & OKAWA, C.M. (2018). Diagnóstico preliminar da integridade ambiental de fundos de vale. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [Online], v. 23, n. 4, pp. 739-749. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018169928>. ISSN 1809-4457.

PRADO, R.B., & NOVO, E.M.L.M. (2007). Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. *Sociedade & Natureza*, 19(2), 5–18. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132007000200001>. Programa Água Azul. Disponível em.

QUEIROZ, T.M.; LIMA, A.F.; GALVANIN, E.A.S. Índice de estado trófico, baseado no fósforo, na bacia hidrográfica Paraguai - Diamantino em Mato Grosso, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.1, p. 300-308, 2020. DOI: [<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0027>](<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-685>)

CAPÍTULO 3 – PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO NO CERRADO BRASILEIRO, REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA.

Resumo

ROCHA, Fabiana dos Santos. Caracterização da Água e do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuizinho na Zona Urbana de Nova Mutum/MT – Brasil. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁgua, UNEMAT, Cuiabá. 2023.

O município de Nova Mutum vem apresentando uma alta produtividade agrícola assim como, também, o aumento do uso de produtos químicos; torna-se cada vez mais intenso o que pode gerar impactos negativos aos recursos hídricos. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar as 54 variáveis orgânicas listadas na Resolução 357/2005-CONAMA, a partir de amostra de água do córrego urbano Bujuizinho, analisando a presença e concentração. Foram detectados 50 princípios ativos, dentre eles, pelo menos dez foram banidos do uso para fins agropecuários no país por possuírem efeitos carcinogênicos, desregulação endócrina, alta toxicidade e por serem poluentes persistentes no meio ambiente. Outros com uso aprovado, no Brasil, não possuem autorização em países como os Estados Unidos, a China, O Japão, a Índia, o Chile e nos países pertencentes à União Europeia devido aos possíveis danos que podem causar ao meio ambiente e a população. Os resultados das análises mostraram que, apesar da proibição de determinados agrotóxicos, há evidências do uso deles, pois continuam sendo detectados nos recursos hídricos, mesmo que em pequenas quantidades, o que revela o quão frágil é a legislação, a fiscalização e a consciência ambiental dos usuários.

Palavras-chave: Pesticidas; Recursos Hídricos; Carcinogênicos; Desregulação Endócrina.

ABSTRACT

ROCHA, Fabiana dos Santos. Characterization of Water and Land Use and Occupation in the Bujuzinho Creek Hydrographic Basin in the Urban Zone of Nova Mutum/MT – Brazil. Dissertation. Professional Master's degree in Management and Regulation of Water Resources, Postgraduate Program in ProfÁguas National Network, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

The town Nova Mutum has been showing high agricultural productivity as well as an increase in the use of chemical products; it becomes increasingly intense, which can generate negative impacts on water resources. The present research aimed to evaluate the 54 organic variables listed in Resolution 357/2005-CONAMA, based on a water sample from the Bujuzinho urban stream, analyzing their presence and concentration. 50 active ingredients were detected, among them, at least ten were banned from use for agricultural purposes in the country because they have carcinogenic effects, endocrine disruption, high toxicity and because they are persistent pollutants in the environment. Others with approved use in Brazil are not authorized in countries such as the United States, China, Japan, India, Chile, and countries belonging to the European Union due to the possible damage they can cause to the environment and the population. The results of the analyzes showed that, despite the ban on certain pesticides, there is evidence of their use, as they continue to be detected in water resources, even if in small quantities, which reveals how fragile legislation, inspection and environmental awareness are. of users.

Keywords: Organic Parameters; Water resources; carcinogens; Endocrine disruption.

1. INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento econômico brasileiro está baseado na produção de *commodities* e vem apresentando um crescimento, bem expressivo, principalmente no agronegócio; prioritariamente, para a produção de grãos. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA,2022), a estimativa para o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) para 2022 está, em torno, de R\$ 1,2 trilhão com um crescimento na produção agrícola de 10,3% com destaque para o cultivo de soja e milho.

Como um referencial de sucesso do agronegócio brasileiro, o estado de Mato Grosso vem liderando o ranking de maior produção nacional de soja com 35,95 milhões de toneladas concentradas em 10,92 milhões de hectares plantados. A região Médio Norte do estado, que é formada por 16 municípios (IMEA, 2017) e possui 3,40 milhões de hectares (IMEA, 2022), se sobressai despontando como região mais produtiva do estado, atingindo uma produtividade média de soja de 3.492 kg/ha na safra de 2020/2021 (EMBRAPA, 2022).

Nova Mutum é um dos municípios do Médio Norte, na região de expansão da fronteira agrícola e, apesar de ter tido sua emancipação recente, com apenas 34 anos, sua área urbana vem apresentando um ritmo acelerado de crescimento. Entre 1995 e 1997, houve a criação dos distritos industriais Norte e Sul, o que atraiu várias indústrias para o local e com grande demanda de mão de obra, o crescimento urbano passou a ser acelerado (CARIGNANI, 2018).

A cidade possui um predomínio de áreas de cultivos agrícolas no seu entorno apresentando, ainda, algumas áreas cultivadas dentro do perímetro urbano.

Com grande produção agrícola, vem se destacando, tanto no cenário estadual como no nacional, com sua produção de soja que ocupa o terceiro lugar no ranking estadual e quinto na produção nacional. Com respeito ao cultivo do milho, o município enquadra-se na terceira posição estadual e quarta maior produção nacional (IBGE, 2020).

O aumento da produção de grãos deve-se às melhorias no processo produtivo com adoção de tecnologias agrícolas, dentre elas, os insumos inovadores para o combate de pragas, doenças e plantas invasoras, contribuindo para aumentar a produtividade e, por conseguinte, a produção. Nesse cenário, surge uma grande preocupação nas áreas de maiores usos dos solos para a produção agrícola; pois, de acordo com Santos (2021), esse aumento no uso do solo está relacionado à expansão dos investimentos nas áreas da fronteira agrícola o que favorece a predominância da agricultura empresarial. Ademais, algumas regiões, como o Cerrado, por exemplo, evidencia uma preocupação com o aumento dos conflitos de interesse associados ao

crescimento dos usos das tecnologias agrícolas nos cultivos, transformando a agricultura em uma produção quimicamente dependente.

Diante desse cenário, Novais *et al.* (2021) alertam para as consequências que poderão surgir nos corpos d'água decorrentes tanto do escoamento das águas pluviais e do uso para a irrigação, podendo, ainda, ser infiltrada no solo contaminando os lençóis freáticos. Essa contaminação pelo uso rotineiro de agrotóxicos poderá contaminar ainda os solos levando à redução dos níveis de fertilidade natural o que poderá afetar a própria produtividade, conforme afirma Santos (2021). Parte das partículas desses insumos, ao serem pulverizadas, podem ainda ser transportadas pelo ar (deriva) colocando em risco sua qualidade e espalhando os princípios ativos para além das fronteiras das áreas cultivadas, podendo atingir, por exemplo, as áreas urbanas.

Chiarello *et al.* (2017) em sua análise realizada na bacia do Lajeado Tacongava, na região serrana do Rio Grande do Sul, afirmam que foram encontradas presenças de resíduos de agrotóxicos utilizados nas áreas agricultáveis próximas aos locais onde foram realizadas as amostras, alertando para uma contaminação que possa estar ocorrendo por meio de possíveis descartes, de agrotóxicos, de formas indevidas.

Analisando amostras de águas superficiais e da chuva nas cidades de Lucas do Rio Verde e Campo Verde, Moreira *et al.* (2012) relataram que foram encontrados resíduos de pelo menos seis tipos diferentes de agrotóxicos na maioria das amostras coletadas em poços artesanais na área urbana. A contaminação também foi evidenciada para as amostras coletadas nos córregos e rios. Todavia, em Campo Verde, em metade das amostras coletadas nos poços artesanais foram detectados resíduos de pesticidas e, nas análises nos córregos e rios a presença de tais foi confirmada. Conforme o exposto, as consequências ambientais são consideráveis, no entanto, diante do elevado crescimento populacional, torna-se necessária a expansão da produtividade, de modo que possa suprir a insegurança alimentar mundial. Tendo em vista que, a produtividade agrícola se tornou uma forte economia, principalmente para os países em desenvolvimento, que possuem sua base econômica estruturada neste tipo de produção.

Nova Mutum está localizada em uma região de intensa exploração agrícola com forte uso de tecnologias, com uma expressiva rede hidrográfica que drena essa área de uso agrícola, e seu córrego Bujuzinho possui maior parte do seu curso na área urbana, onde é utilizado como parte do paisagismo da cidade onde foram construídos seis lagos, dos quais, dois estão revitalizados com calçamentos, construções para momentos de lazer, contudo com proibição de

banho. As outras áreas são utilizadas para recreação e pesca. O córrego está classificado como classe 2, segundo os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo analisar os possíveis contaminantes, decorrentes dos insumos agrícolas, encontrados no córrego urbano Bujuzinho, localizado na cidade de Nova Mutum/ MT – Brasil, bem como fazer uma análise do contexto atual de sua utilização no cenário global.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O córrego Bujuzinho é, essencialmente, urbano e está classificado pela Resolução CONAMA 357/2005 como classe 2 para rios de águas doce, e podem ser destinados para o abastecimento e consumo humano, desde que passado por tratamento convencional; é destinado, também, à proteção das comunidades aquáticas podendo ser utilizadas para a recreação de contato primário, como: natação, esqui-aquático e mergulho; podendo, ainda, ter seu uso para a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins, campos de esportes e lazer de contato direto e para a aquicultura e pesca

Todavia, ele vem sofrendo com a antropização de seu curso, seja pelo crescimento constante da cidade, ou pelo desenvolvimento do agronegócio. Está inserido no Médio Norte do estado de Mato Grosso, região de intensa produção de grãos, e deságua no Rio dos Patos (observado no mapa 2, em anexos) que é um dos afluentes do rio Arinos, maior rio do município que, por sua vez, é afluente do rio Juruena, que é afluente do rio Tapajós e que, por fim, deságua no rio Amazonas, onde suas águas alcançam o oceano Atlântico. A vegetação tem o predomínio do Cerrado, na borda de transição para o bioma Amazônico, sendo possível encontrar traços da Floresta Amazônica. O clima local, de acordo com a classificação de Koppen, é o Aw, ou seja, tropical semiúmido com duas estações bem definidas, sendo o inverno seco com duração de cinco meses (maio a setembro) e verão chuvoso de setembro a março (Relatório Técnico Consolidado de Clima para o Estado de Mato Grosso, 2000).

A área de realização do estudo é o córrego urbano Bujuzinho, localizado na porção Centro Norte do município de Nova Mutum/MT – Brasil. O local de amostragem foi definido por estar mais a jusante do curso d'água nas proximidades com o rio dos Patos, em uma região que está envolta por áreas agricultáveis. Possui coordenadas geográficas de 13°46'33" S, 56°3'41" O (disponível no mapa 12, em anexos) e uma altitude em torno de 400 m.

Foram analisadas as 54 Variáveis Orgânicas da resolução Nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente para águas superficiais de Classe II, da qual se extraíram os parâmetros para comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP).

Para a realização das análises, foram utilizados os equipamentos: condutivímetro, medidor de pH, turbidímetro, fotômetro multi parâmetros, fotômetro de chama, absorção atômica, espectrofotômetro e balança analítica para atender aos requisitos dos seguintes métodos, EPA – Method: 3510 C/8270 E/3535 A; 3510 C/8082 A; 8321 B; 5021 A/8260 C;

5021 A/8260 D; 3510 C/8270 E; PR-Tb-IN-021; 8270 D; PR-TB-FQ 398 e 5021 A. Todos os métodos atendem aos padrões especificados na Resolução do CONAMA n° 357.

A coleta foi realizada no dia 10 de janeiro de 2022 no ponto mais a jusante (mapa 12, em anexos) a uma temperatura ambiente de 23°C em água superficial, mantendo a amostra coletada e armazenada em recipientes preparados e enviados pelo laboratório.

A análise da situação regulatória dos parâmetros orgânicos detectados foi realizada por meio de pesquisa no arquivo de monografias autorizadas e excluídas disponíveis no site da ANVISA.

As informações sobre a situação regulatória internacional foram coletadas a partir da análise de banco de dados disponíveis em sites de seis países e a União Europeia, sendo na América do Sul: o Brasil e o Chile; na América do Norte: os Estados Unidos; na Ásia: o Japão, a China e a Índia; e, na Europa, os países pertencentes à União Europeia.

O mapeamento da expansão da agricultura e da área urbana foi determinada por meio de imagens de satélite do Mapbiomas para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, buscando informações para auxiliar na discussão dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a expansão das áreas agrícolas na bacia hidrográfica do córrego Bujuzinho (observado no mapa 13, em anexos) é possível notar que até, o ano de 1990, as áreas de florestas eram predominantes com poucas áreas de agropecuária; já na década de 2000, houve um aumento de 23,25% nas áreas de agropecuária e, em 2020, perfazendo um total de 50,02% de áreas que hoje são destinadas à agricultura dentro da bacia hidrográfica analisada. Com a expansão da produção agrícola, principalmente no crescimento da produtividade de soja e milho, que já vem ocupando o 5º e 4º lugar, respectivamente, no ranking nacional, e para que essa produtividade atenda à demanda global, torna-se necessário a implementação de novas tecnologias e dos insumos agrícolas que favorecem o modelo de produção brasileira. Todavia, além do benefício em relação à economia, podem gerar uma grande concentração de contaminação dos recursos hídricos.

O ponto analisado está localizado no curso final do córrego urbano Bujuzinho, que possui parte do seu curso dentro do perímetro urbano e parte em áreas de intensa produção agrícola com os cultivos de soja, milho e algodão.

Foram realizadas as análises das 54 Variáveis Orgânicas da resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 (Tabela 13), nas quais, apenas quatro não foram detectados, sendo eles: Benzidina, que possui sua utilização principalmente nas indústrias têxteis e de papel, que não são encontradas na região; o DDT e o Endrin, que foram proibidos para fins agropecuários pelo Ministério da Saúde - (MS) em 1998; e o Dodecacloro Pentaciclodecano, proibido para fins agropecuários desde 1985 (CETESB, 2018).

Tabela 11 . Uso dos 54 parâmetros orgânicos da Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005 para águas doces - classe 2 e resultado analítico

Parâmetros orgânicos	Uso	Resultado	Concentrações	Legislação
1,1 – Dicloroetano	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 3
1,2 – Dicloroetano	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 10
2,4 D	Herbicida	Detectado	<1	≤ 4
2,4,5 – T	Herbicida	Detectado	<1	≤ 2
2,4,5 – TP	Herbicida	Detectado	<1	≤ 10
2,4,6 – Triclorofenol	Inseticida	Detectado	<0,00005	≤ 0,01
2,4 Diclorofenol	Herbicida	Detectado	<0,00005	≤ 0,0003
2 - Clorofenol	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 0,1
Acrilamida	Inseticida	Detectado	<0,30	≤ 0,5
Alacloro	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 20
Aldrin + dieldrin	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,005
Atrazina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 2

Benzeno	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,005
Benzidina	Inseticida	Não	—	≤ 0,001
		Detectado		
Benzo (a) antraceno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (a) pireno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (b) fluoranteno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (k) fluoranteno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Carbaril	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,02
Clordano (cis + trans)	Pesticida	Detectado	<0,005	≤ 0,04
Criseno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
DDT (p.p`- DDT +p.p`- DDE + p.p`- DDD)	Inseticida	Não	—	≤ 0,002
		Detectado		
Demeton (demeton – O + demeton – S)	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,1
Dibenzo (a h) antraceno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Diclorometano	Inseticida, fungicida herbicida (solvente)	Detectado	<1,0	≤ 20
		e		
Dodecacloro pentaciclodecano	Inseticida	Não		≤ 0,001
		Detectado		
Endossulfan (α + β + sulfato)	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,056
Endrin	Pesticida	Não		≤ 0,004
		Detectado		
Estireno	Componente de plástico flexíveis	Detectado	<0,001	≤ 0,02
Etilbenzeno	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,09
Fenóis totais		Detectado	<0,00005	≤ 0,003
Glifosato	Herbicida	Detectado	<50,0	≤ 65
Gution	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,005
Heptacloro + heptacloro epóxido	Herbicida	Detectado	<0,005	≤ 0,01
Hexaclorobenzeno	Fungicida	Detectado	<0,005	≤ 0,0065
Indeno (1,2,3 – cd) pireno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Lindano (gama HCH)	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,02
Malationa	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,01
Metolacloro	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 10
Metoxicloro	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,03
Paration	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,04
PCBs – bifenilas policloradas	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,001
Pentaclorofenol	Inseticida	Detectado	<0,00005	≤ 0,009
Simazina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 2
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	Inseticida, fungicida herbicida (surfactante)	Detectado	0,321	≤ 0,5
		e		
Tetracloroeto de carbono	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,002
Tetracloroeteno	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 10
Tolueno	Solvente	Detectado	<0,001	≤ 0,002
Toxafeno	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,01
Tributilestanho	Inseticida fungicida	Detectado	<0,01	≤ 0,063
		e		
Triclorobenzenos (1,2,4 – TCB + 1,2,3 TCB)	Inseticida	Detectado	<0,01	≤ 0,02

Tricloroeteno	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 30
Trifluralina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 0,2
Xileno	Solvente	Detectado	<0,001	≤ 0,3

FONTE: Elaborado pela autoraAUTORA (2022)

O estudo revelou a presença de diversos ingredientes ativos que possuem proibição, em vários países, por possuírem potencial carcinogênico, desregulação endócrina para seres humanos e vida selvagem, e toxicidade à vida aquática. Alguns desses ingredientes, proibidos em outros países até a 5ª edição da *PAN International Consolidated List of Banned Pesticids* que são publicações anuais da lista dos agrotóxicos que estão proibidos em diversos países e são divulgadas para uma maior acessibilidade já que nem sempre essas informações estão disponíveis.

A última edição foi realizada em março de 2021 pela *Pesticide Action Network – PAN* que é uma rede com mais de 600 organizações que participam sem ajuda governamental e estão presentes em mais de 90 países lutando pelo objetivo de substituições de pesticidas perigosos por alternativas mais sustentáveis, (PAN Internacional, 2021) (Tabela 14). Alguns deles também foram banidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, como é o caso do endossulfan, lindano, aldrin + dieldrin, paration e o pentaclorofenol. O DDT também foi banido pela ANVISA, porém não foi detectado.

Tabela 12 . Lista dos parâmetros orgânicos encontrados na área de estudo com proibição em outros países e na União Europeia

Parâmetros orgânicos	Brasil	Chile	E.U. A	UE	Índia	China	Japão
2,4,6 T				x			
Clordano	x	x	x	x	x	x	x
DDT	x	x	x	x		x	x
Demetron	x						
Endossulfan	x	x	x	x	x	x	x
Hexaclorobenzeno	x	x	x	x	x	x	x
Lindano	x	x			x	x	x
Metoxicloro	x		x				
Metalocloro	x						

Paration	x	x	x	x	x
Pentaclorofenol	x	x	x	x	x
Alacloro		x	x	x	
Carbaril			x	x	
Atrazina			x		
Malationa			x		
Simazina			x		
Trifluralina			x		

Parâmetros que foram proibidos em vários países até a última edição em março de 2021 da PAN Internacional de Pesticidas.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

O Endosulfan compõe o grupo dos Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs e teve sua importação proibida prevista a partir de 31 de julho de 2011 e foi banido em 31 de julho de 2013 por ser considerado altamente tóxico, podendo levar a problemas endócrinos e reprodutivos (portal O Senado, 2010). De acordo com o Instituto Nacional de Câncer – INCA, tem ainda um alto índice de periculosidade e persistência no ambiente além de potencial carcinogênico (INCA, 2022).

A proibição do Lindano – que também faz parte dos POPs – para o uso agrícola ocorreu em 1985 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA e seu uso para higienização domiciliar e coletiva foi proibido pelo MS em 1998. Somente em 2006 a ANVISA banuiu totalmente seu uso (CETESB/SP, 2018), a justificativa para a proibição foi devido à toxicidade neurológica, alta periculosidade e persistência no ambiente (INCA, 2022).

O MAPA proibiu o uso, a comercialização e distribuição do Aldrin para uso agropecuário em 1985 e sua proibição pelo MS ocorreu em 1998 (CETESB/SP, 2018), pelo seu nível de periculosidade e persistência no ambiente (INCA, 2022). Quanto ao Dieldrin, nunca houve registro no país. Os dois são poluentes orgânicos persistentes.

O Pentaclorofenol, outro POP, possui proibição de uso para fins agropecuários, legislada na portaria nº 329 de 02 de setembro de 1985 do Ministério da Agricultura permanecendo o uso domissanitário até 1998, quando foi extinto pela portaria de nº 11 de 08 de janeiro de 1998; contudo, seu uso continua autorizado para utilização como preservante de madeira (ANVISA, 2022). Seus efeitos à saúde são diversos podendo afetar o sistema nervoso, rins, fígado, sistema imunológico, neurológicos, imunidade e está também associado a implicações carcinogênicas (CETESB/SP, 2018), podendo, ainda, impactar na desregulação endócrina (INCA, 2022).

A utilização desses parâmetros orgânicos foi banida após reavaliações de seus efeitos à saúde humana, persistência ambiental e vida aquática, sendo comprovado seus diversos efeitos ao meio. Um estudo realizado por especialistas internacionais na área de sistemas hormonais obteve resultados que chamam a atenção para a presença de três dos ingredientes encontrados no córrego Bujuizinho, que são eles: Lindano, Aldrin e Dieldrin.

O estudo afirma que a exposição a esses compostos químicos provoca grande desregulação endócrina, podendo gerar consequências para fetos masculinos.

Outros pesticidas organoclorados como lindano e dieldrin, que estão intimamente relacionados com o inseticida aclorado aldrin também inibem a diidrotestosterona ligando-se ao AR (Receptor de Andrógeno). Como os andrógenos são os principais reguladores da diferenciação sexual masculina durante o desenvolvimento fetal, a interrupção andrógênica através do antagonismo AR nesse período pode desmasculinizar permanentemente os fetos masculinos e levar a malformações do trato genital. (La Merrill *et al.*, 2020, p.47).

Na Tabela 15 é apresentada a situação regulatória internacional dos parâmetros analisados, dentre os que foram encontradas informações de registro no Brasil, 14 estão entre os não autorizados nos Estados Unidos: simazina, metolacloro, metoxicloro, malationa, indeno, trifluralina, triclorobenzeno, tributilestanho, toxafeno, tolueno, tetracloreto de carbono, glifosato, atrazina e alacloro. Dentre eles, quatro são proibidos na União Europeia: simazina, metolacloro, atrazina e alacloro; um na China: atrazina; e um no Chile: alacloro. A trifluralina possui uso restrito na Índia. A simazina possui uso restrito no Japão; e, na Índia, é um pesticida retirado.

Tabela 13 . Situação internacional dos parâmetros analisados no córrego Bujuizinho

Parâmetro orgânicos	Brasil	Chile	E.U. A	UE	Índia	China	Japão
1,1 – Dicloroetano	SI	SI	SI	NA	SI	SI	SI
1,2 – Dicloroetano	SI	SI	NA	NA	SI	SI	SI
2,4 D	A	SI	SI	SI	A	A	A
2,4,5 – T	SI	NA	NA	NA	RR/UR	SI	B
2,4,5 – TP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2,4,6 – Triclorofenol	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
2,4 Diclorofenol	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
2 - Clorofenol	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acrilamida	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Alacloro	A	NA	NA	NA	AT	A	A
Aldrin + dieldrin	B	NA	NA	NA	B	B	B
Atrazina	A	SI	NA	NA	A	NA	A
Benzeno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzidina	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (a) antraceno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (a) pireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI

Benzo (b) fluoranteno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (k) fluoranteno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Carbaril	A	SI	NA	NA	SI	A	A
Clordano (cis + trans)	SI	NA	NA	NA	B	NA	B
Criseno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
DDT (p.p` - DDT +p.p` - DDE + p.p` - DDD)	B	NA	NA	NA	UR	B	B
Demeton (demeton - O + demeton - S)	B	SI	NA	NA	SI	B	SI
Dibenzo (a h) antraceno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Diclorometano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Dodecacloro pentaciclodecano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Endossulfan (α + β + sulfato)	B	NA	NA	NA	B	UR	B
Endrin	B	NA	NA	NA	B	NA	B
Estireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Etilbenzeno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Fenóis totais	SI	SI	SI	NA	SI	SI	SI
Glifosato	A	SI	NA	SI	A	A	A
Gution	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Heptacloro + heptacloro epóxido	B	NA	NA	NA	SI	NA	SI
Hexaclorobenzeno	SI	NA	NA	SI	SI	SI	B
Indeno (1,2,3 - cd) pireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Lindano (gama HCH)	B	NA	NA	NA	B	NA	B
Malationa	A	SI	NA	SI	A	A	A
Metolacloro	A	SI	NA	NA	A	A	A
Metoxicloro	B	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Paration	B	NA	NA	NA	B	B	B
PCBs – bifenilas policloradas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pentaclorofenol	B	NA	NA	NA	B	A	B
Simazina	A	SI	NA	NA	PR	A	UR
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tetracloroeto de carbono	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tetracloroeteno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tolueno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Toxafeno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tributilestanho	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Triclorobenzenos (1,2,4 – TCB + 1,2,3 TCB)	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tricloroeteno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Trifularina	A	SI	NA	SI	UR	A	A
Xileno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI

A: autorizado; B: banido; NA: não autorizado; AT: autorização temporária; RR: registro recusado; UR: Uso restrito; PR: pesticida retirado; SI: sem informação no banco de dados pesquisado.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

De acordo com a PAN Internacional, foram criados três grupos para classificação de risco dos agrotóxicos, os de toxicidade aguda: que são aqueles de efeito rápido com até sete dias após e exposição podendo até ser fatais mesmo em doses pequenas. Os de efeitos a longo prazo: que

são considerados carcinogênicos ou possíveis para humanos; e os de toxicidade ambiental, sendo eles bioacumulativos na água, no solo e em sedimentos.

Alguns dos parâmetros analisados estão inclusos na classificação da Pan Internacional (Tabela 16) que estão presentes em sua última atualização em 2019 na Lista Internacional de Pesticidas Altamente Perigosos.

Tabela 14. Classificação toxicológica dos parâmetros analisados

<u>Grupo 1</u>	<u>Grupo 2</u>	<u>Grupo 3</u>
Toxicidade aguda	Efeito a longo prazo	Toxicidade ambiental
Demeton – S	Alacloro	Carbaril
Endosulfan	Atrazina	Clordano
Hexaclorobenzeno	Carbaril	DDT
Paration	Clordano	Demeton – S
Pentaclorofenol	DDT	Hexaclorobenzeno
	GlifosatoMalationa	Lindano
	Metoxicloro	Malationa
	Pentaclorofenol	Paration
	Trifularina	Trifularina
	Hexaclorobenzeno	
	Lindano	
	Malationa	

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

Segundo a nota técnica sobre o crescimento do consumo dos agrotóxicos divulgado em 2020, Nova Mutum está entre os municípios do estado com crescimento, no consumo de agrotóxicos entre 2006 e 2017 (IPEA,2020), o que se justifica pelo elevado crescimento na produtividade e nas áreas plantadas. No que diz respeito à ocorrência de notificações de intoxicação, apesar de estar entre os maiores produtores agrícolas do país não apresentou índices elevados ficando em torno de 0,05 por 1.000 habitantes (Ministério da Saúde, 2018).

A partir da análise realizada, constatou-se a presença de vários dos parâmetros orgânicos investigados. A detecção, segundo a metodologia utilizada pelo laboratório, está dentro dos limites permitidos pelo CONAMA, o que pode ser um tranquilizador para a população que vive no entorno do córrego; porém, gera grande preocupação ambiental e para a saúde humana, o fato de que todos os princípios ativos foram detectados, inclusive os que tem seu uso proibidos a décadas.

O uso frequente de agrotóxicos, na região, pode levar, a longo prazo, a diversos problemas para a saúde da população que, cotidianamente, convive com as pulverizações em áreas próximas a zona urbana, o que está demonstrado, pelos resultados obtidos, apontando a presença de diversos compostos orgânicos na água do córrego Bujuzinho. Esse resultado

acende uma luz vermelha para a sociedade, servindo como alerta, revelando uma grande diversidade de contaminantes que, combinados, podem ter consequências preocupantes nos organismos que os ingerem.

Apesar do córrego analisado não ser fonte de água para o sistema público que abastece o município, o qual se utiliza como forma de abastecimento poços artesianos, fica o alerta para os possíveis problemas endócrinos e cancerígenos que podem ter seus números aumentados nas próximas décadas, já que a questão das alterações sofridas pela utilização dos agrotóxicos é um processo histórico e o município ainda é jovem, possuindo, apenas 34 anos. Além disso, a migração desses contaminantes encontrados nas águas superficiais para as águas subterrâneas é só questão de tempo.

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises das amostras da água do córrego Bujuzinho, coletadas no decorrer dessa pesquisa, evidenciam-se que: todos os princípios ativos orgânicos listados na resolução que regulamenta a qualidade das águas superficiais brasileiras, dentre eles a maioria de agrotóxicos, foram detectados, embora em concentrações abaixo dos limites referenciados pela legislação

Muitos dos princípios ativos detectados no córrego Bujuzinho já foram proibidos no Brasil e em diversos outros países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARIGNANI, G. *et al.* (2019). Nova cidade, velhos problemas: a BR 163 como elemento estruturador da formação da cidade de Nova Mutum-MT e seus desdobramentos na dispersão. *Anais XVIII ENANPUR 2019*, p. 1-17. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienganpur/anais>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Agrotóxicos. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/pops/wp-content/uploads/sites/19/2018/06/Hist%C3%B3rico-e-legisla%C3%A7%C3%A3o-de-poluentes-org%C3%A2nicos-persistentes-POPs-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/poluentes-organicos-persistentes-pops/>. Acesso em: 29 de abril de 2022.

CHIARELLO, M. *et al.* (2017). Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC – HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. *Química Nova* [online], v. 40. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160180>. ISSN 1678-7064.

SANTOS, E. DE JESUS (2021). Modernização agrícola e produção de grãos: um estudo sobre o potencial de contaminação do solo por defensivos agrícolas na região Oeste da Bahia. *Caderno De Ciências Sociais Aplicadas*, 18(32), 68-87. <https://doi.org/10.22481/ccsa.v18i32.9239>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Soja em Números Safra 2020/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 07 de março de 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Disponível em: <https://www.epa.gov/>.

PESTICIDES DATABASE - EU. Disponível em: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>.

FRIEDRICH, KAREN *et al.* (2021). Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública* [online], v. 37, n. 4. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00061820>. ISSN 1678-4464.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Progress in pesticide risk assessment and phasing-out of highly hazardous pesticides in Ásia (2015). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4362e.pdf>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/nova-mutum/pesquisa/14/0>. Acesso em: 07 de março de 2022.

IMEA, Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/metodologia/justificativamapa.pdf>. Acesso em: 07 de março de 2022.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA - IMEA. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/dashboards?c=4>. Acesso em: 07 de março de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER - INCA. Agrotóxico. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposição-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxicos>.

Incorporated Administrative Agency Food and Agricultural Materials Inspection Center (FAMIC). Disponível em: <http://www.acis.famic.go.jp/eng/ailist/index.htm>.

LA MERRIL, M.A. *et al.* (2020). Consensus on the key characteristics of endocrine-disrupting chemicals as a basis for hazard identification. *Nat Rev Endocrinol*, 16(1), 45-57. Doi: 10.1038/s41574-019-0273-8.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/02/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-de-2022-e-estimado-em-r-1-2-trilhao>. Acesso em: 04 de março de 2022.

MORREIRA, JOSINO COSTA *et al.* (2012). Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado de Mato Grosso. *Ciência & Saúde Coletiva* [online], v.17, n. 6, pp 1557-1568. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600019>. ISSN 1678-4561.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_expostas_agrotoxicos.pdf.

Nota técnica sobre a reavaliação toxicológica do ingrediente ativo pentaclorofenol e seus sais. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117797/penta.pdf/fc82b388-d6da-4b5e-912f-ebd792d2d6fb>.

Nota técnica, O crescimento do Uso de Agrotóxicos: Uma análise descritiva dos resultados do censo agropecuário 2017. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/200429_nt_disoc_n65.pdf.

NOVAIS, Cleidiane, Queiroz, Tadeu, & Seabra, Santino. (2021). Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos no estado do Mato Grosso: risco para o abastecimento urbano. *Research, Society and Development*, Vol.10, n 1, e23010111667, 2021. [10.33448/rsd-v10i1.11667](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11667).

PAN International Consolidated List of Banned Pesticides. Disponível em: <https://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides>.

Pesticide Info. Disponível em: <https://www.pesticideinfo.org/search-chemicals-or-products>.

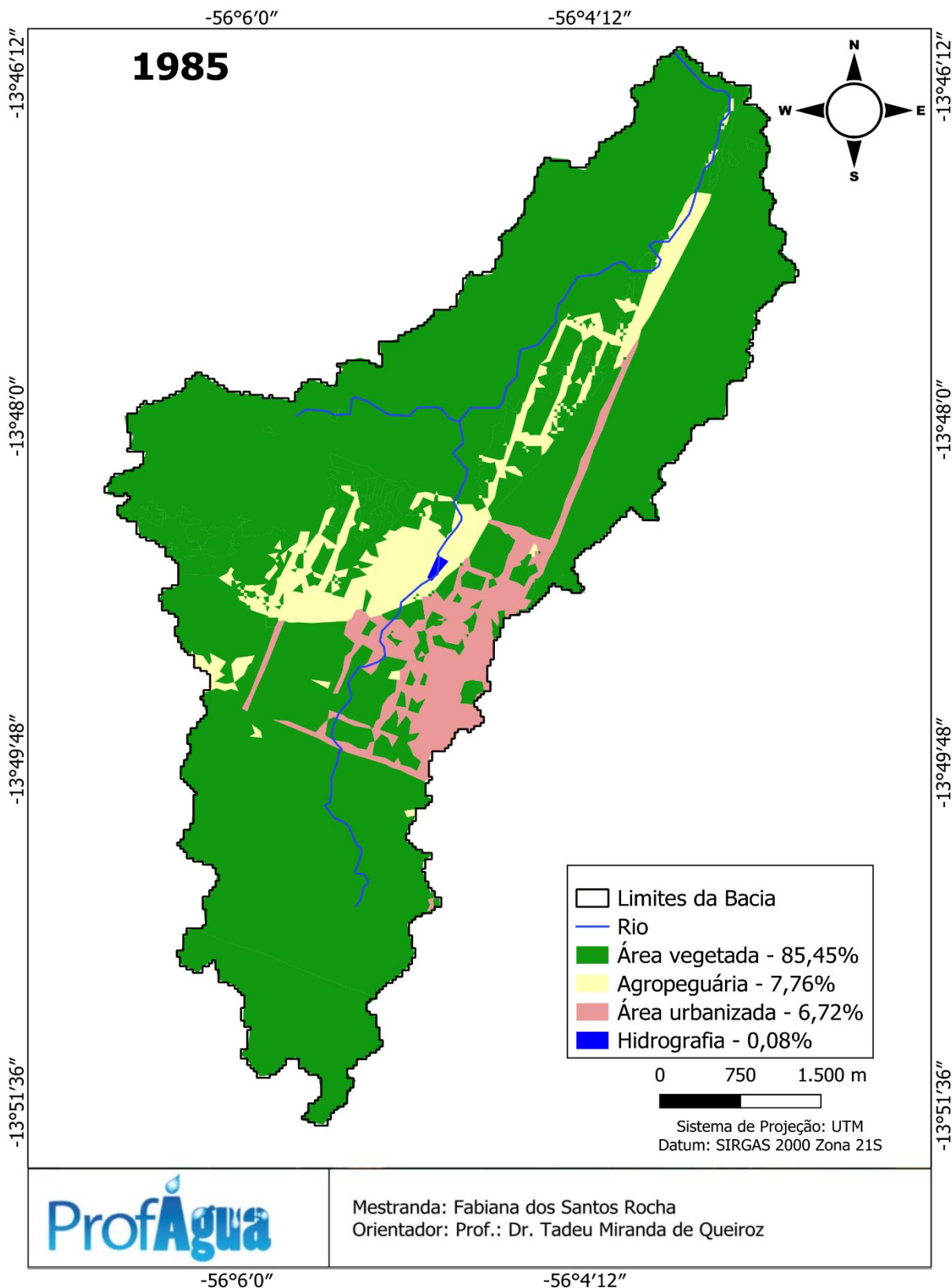
Portal Brasileiro de Dados Abertos. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/monografias-de-agrotoxicos>.

Relatório Técnico Consolidado de Clima para o Estado de Mato Grosso. Disponível em: <http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/dsee/climatologia/rt/DSEE-CL-RT-002.pdf>.

Senado Federal, Biblioteca Digital. Agrotóxico endosulfan será banido no Brasil em 2013; demora é criticada. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/350937>.

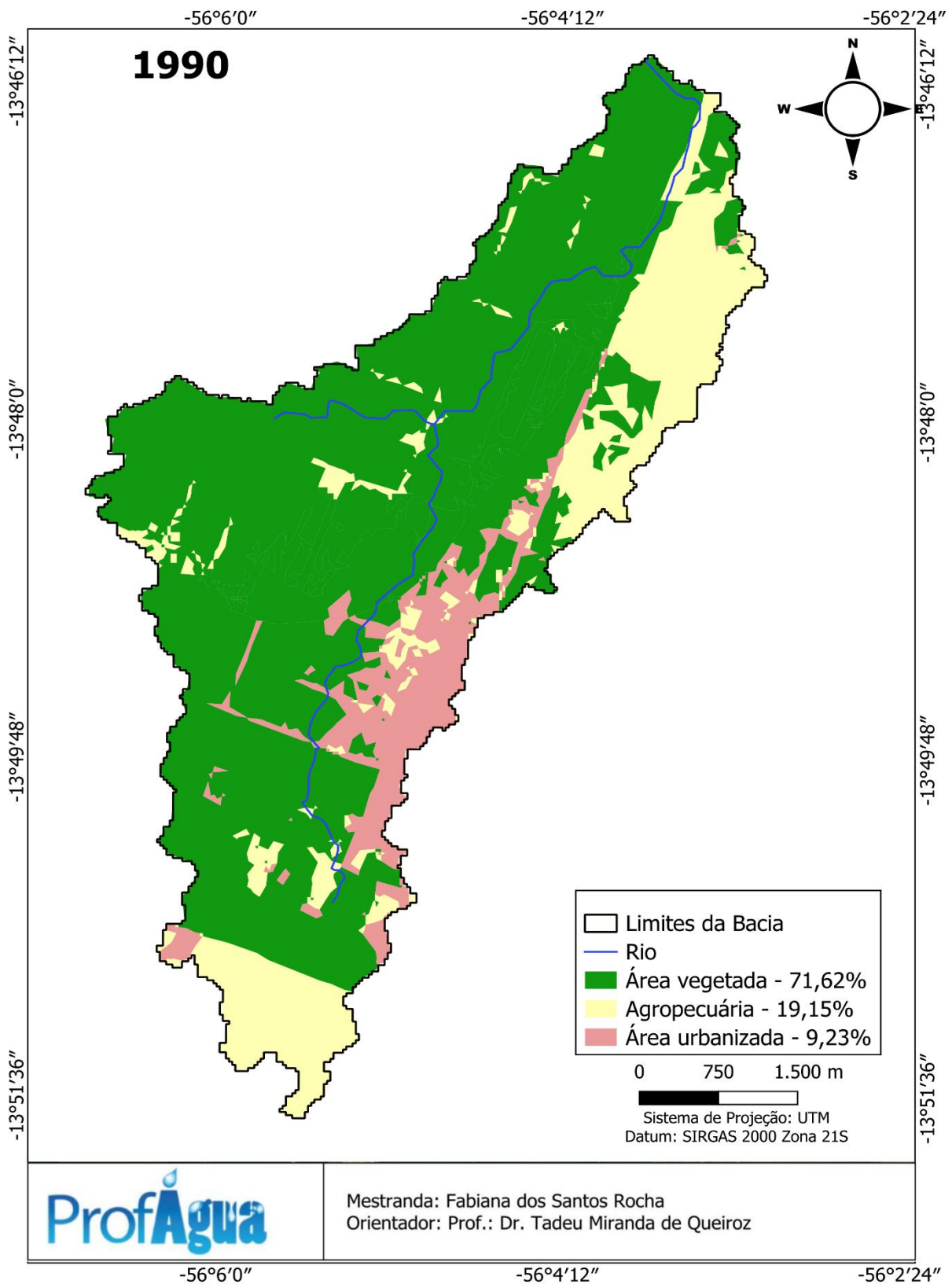
Serviço Agrícola y Ganadero – SAG. Disponível em: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros>

ANEXOS



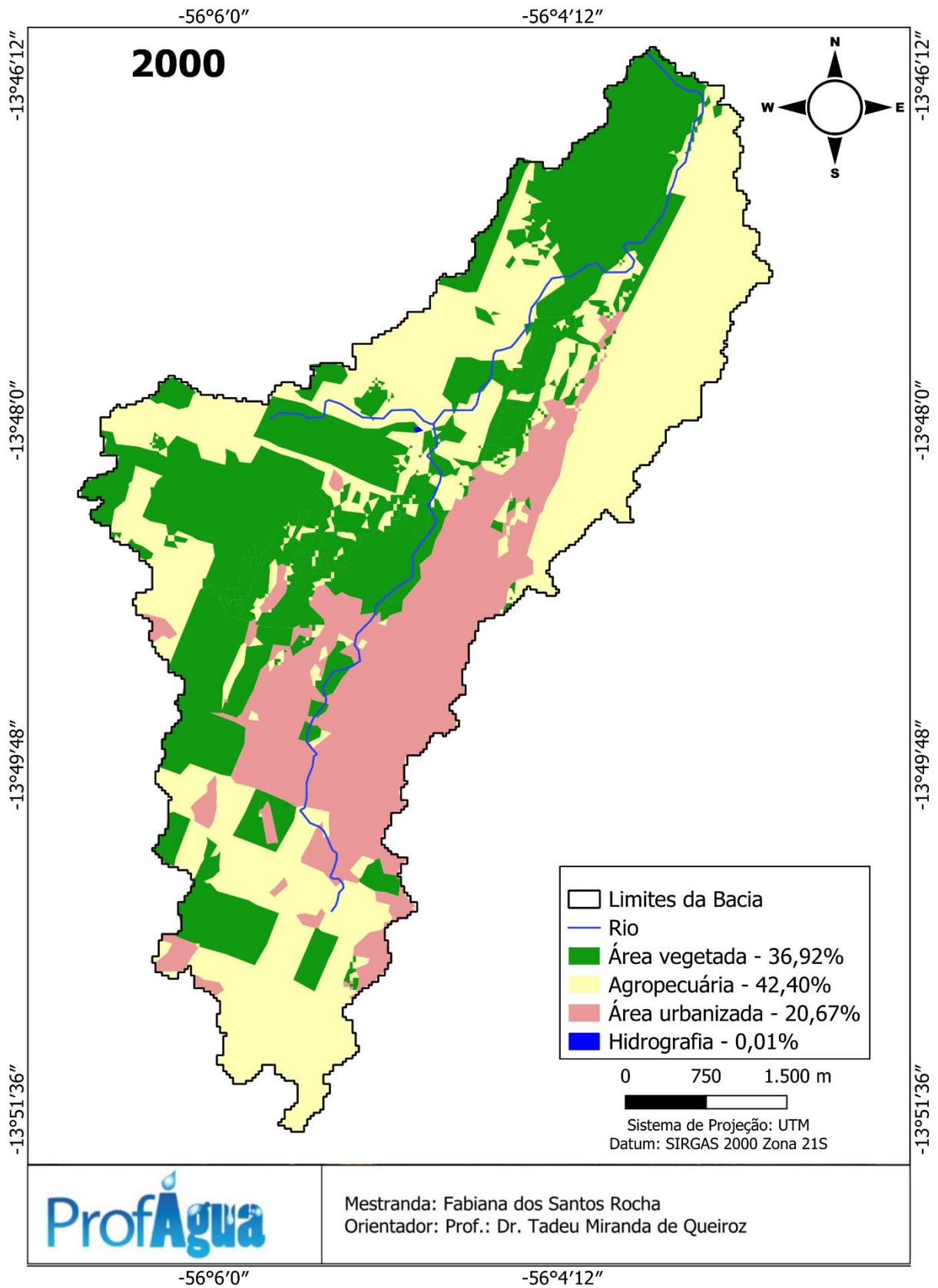
Mapa 1. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 1985.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



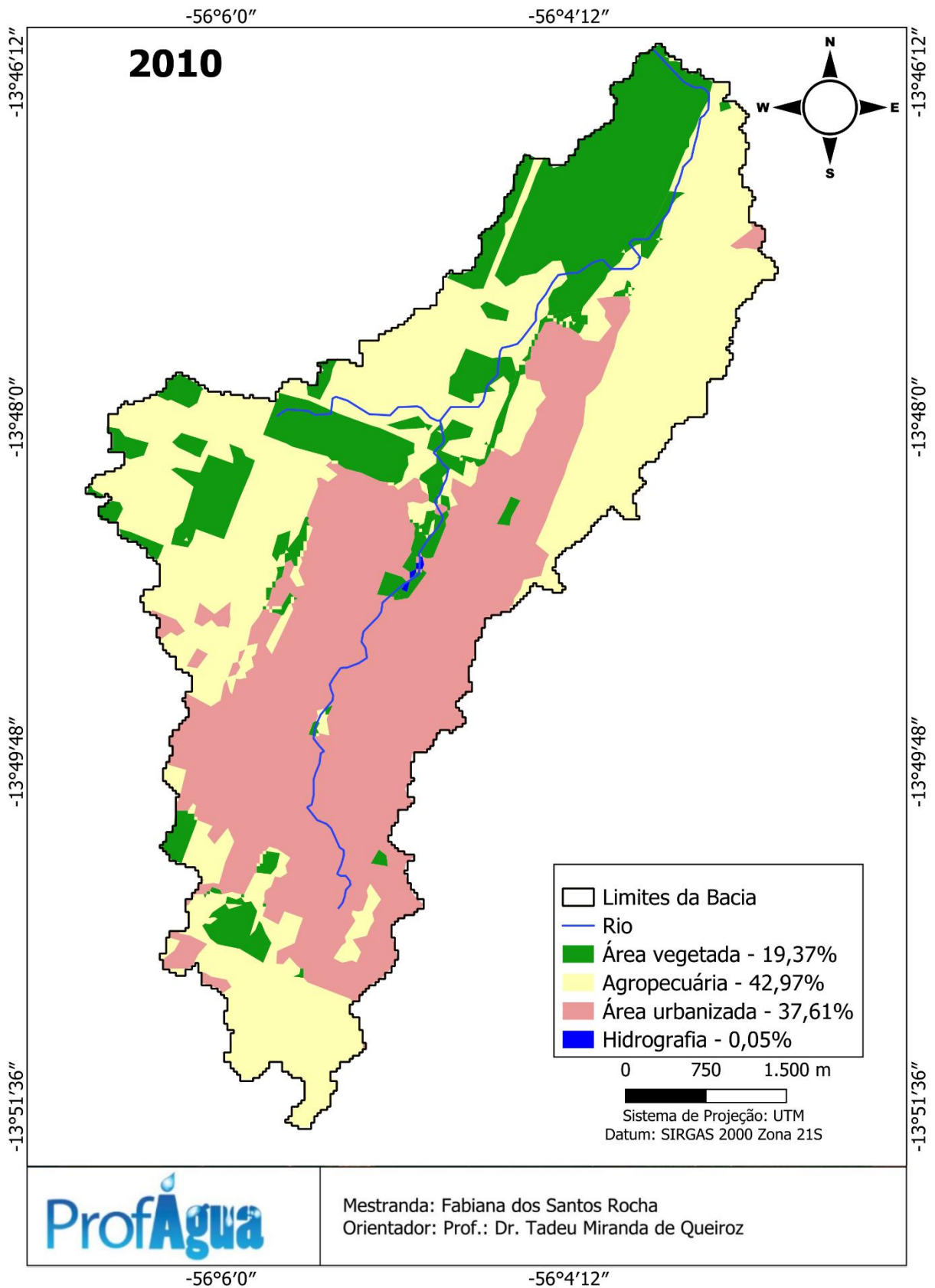
Mapa 2. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 1990.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



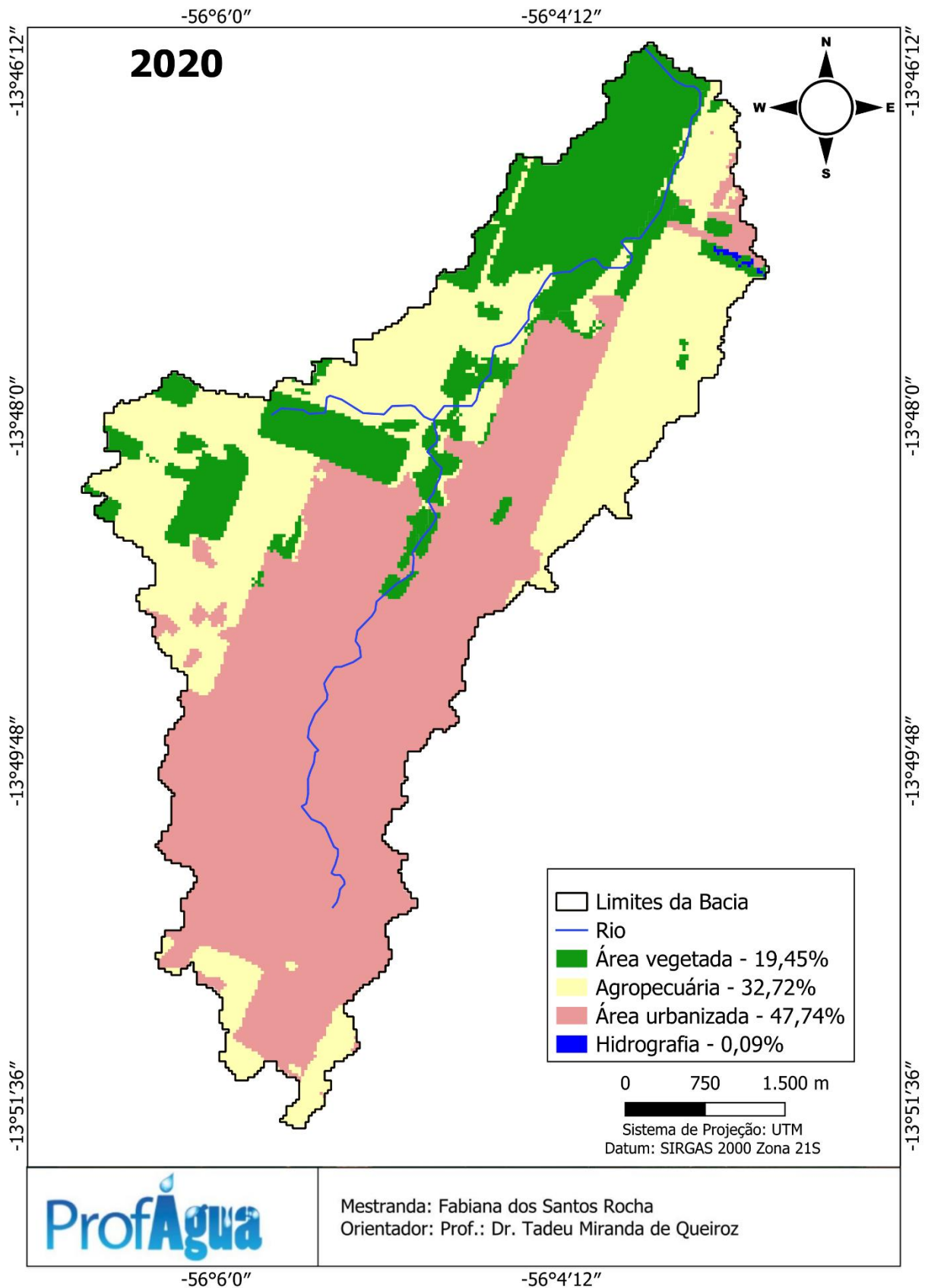
Mapa 3. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2000.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



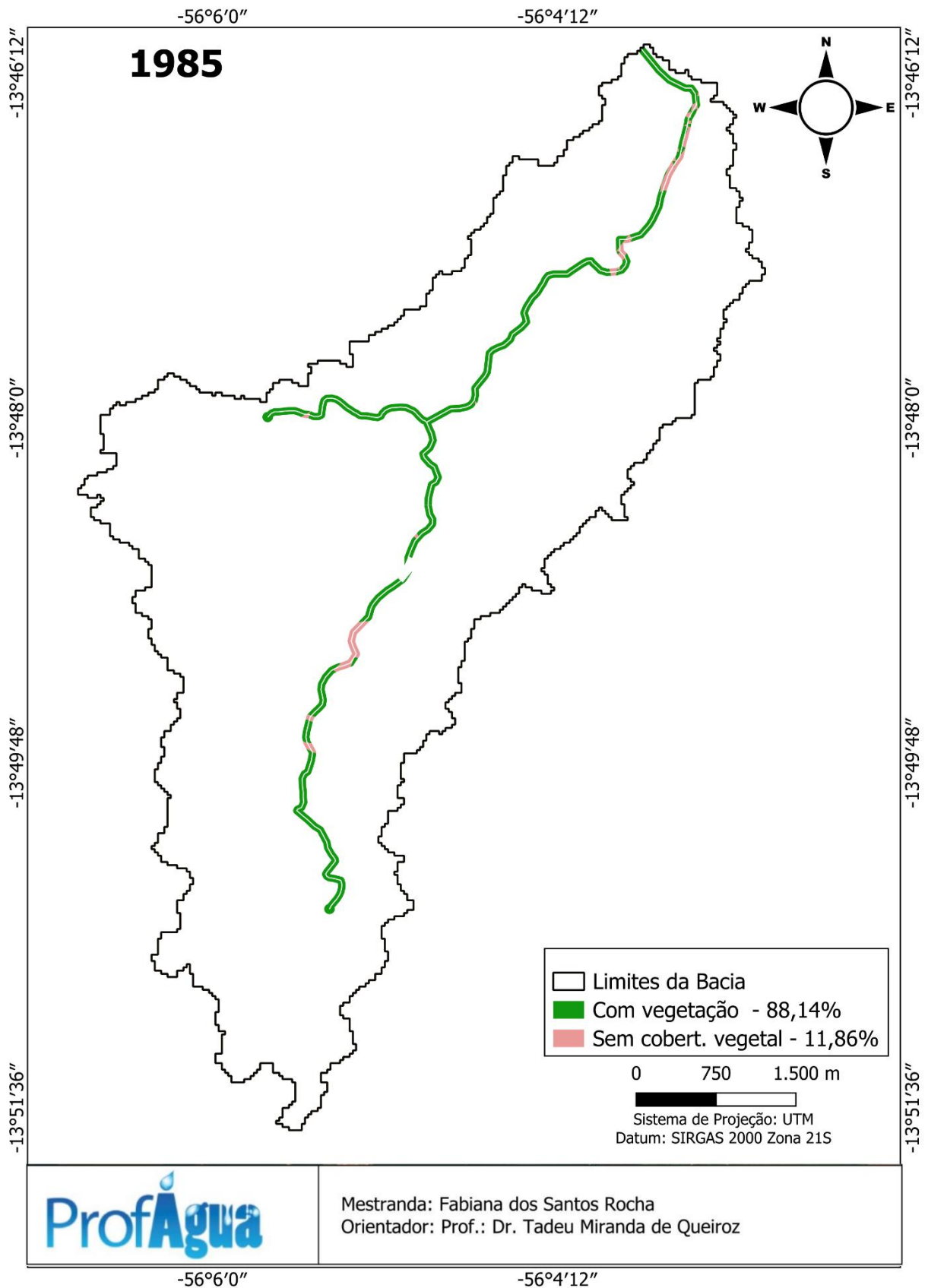
Mapa 4. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2010.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



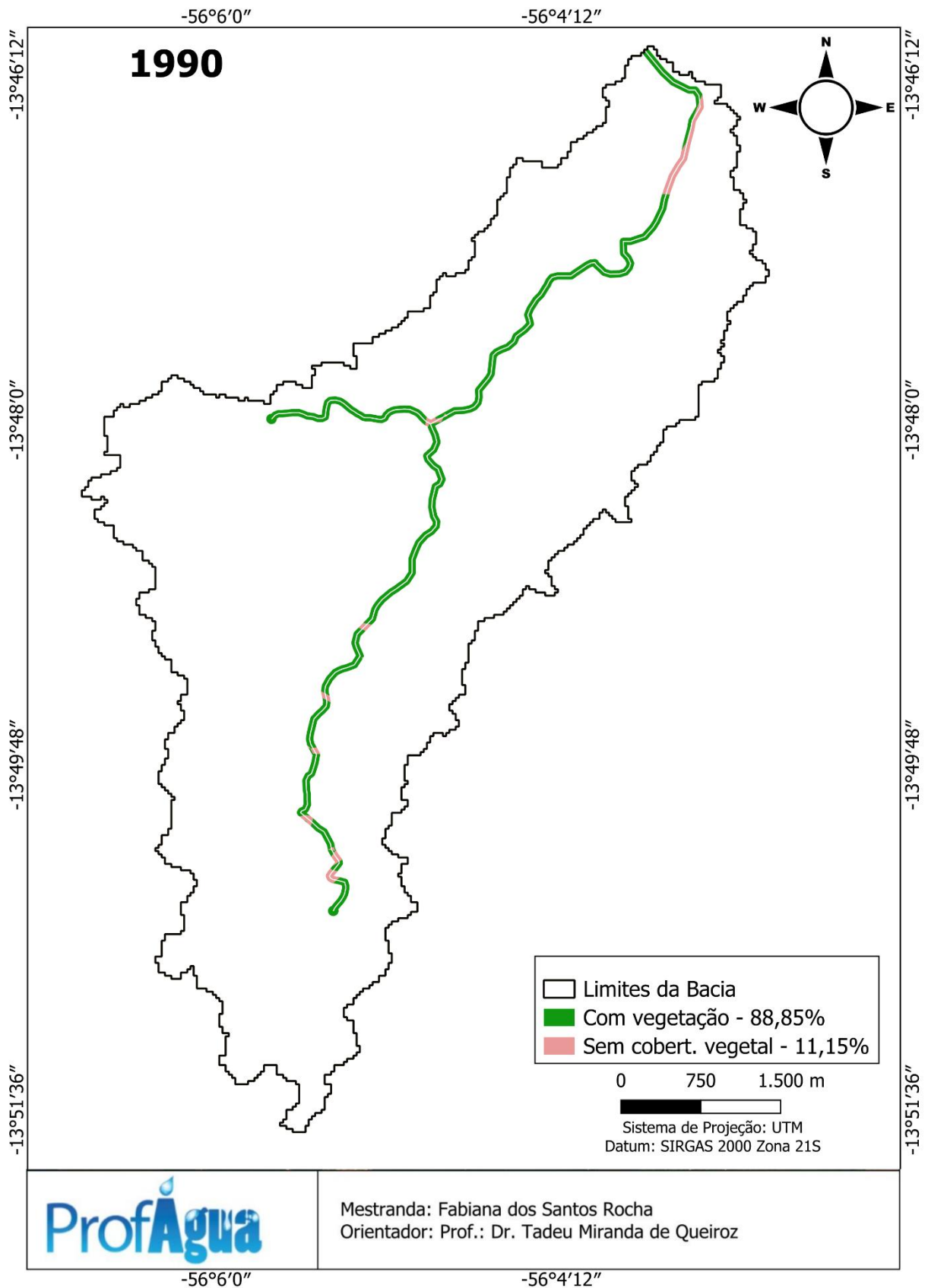
Mapa 5. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2020.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



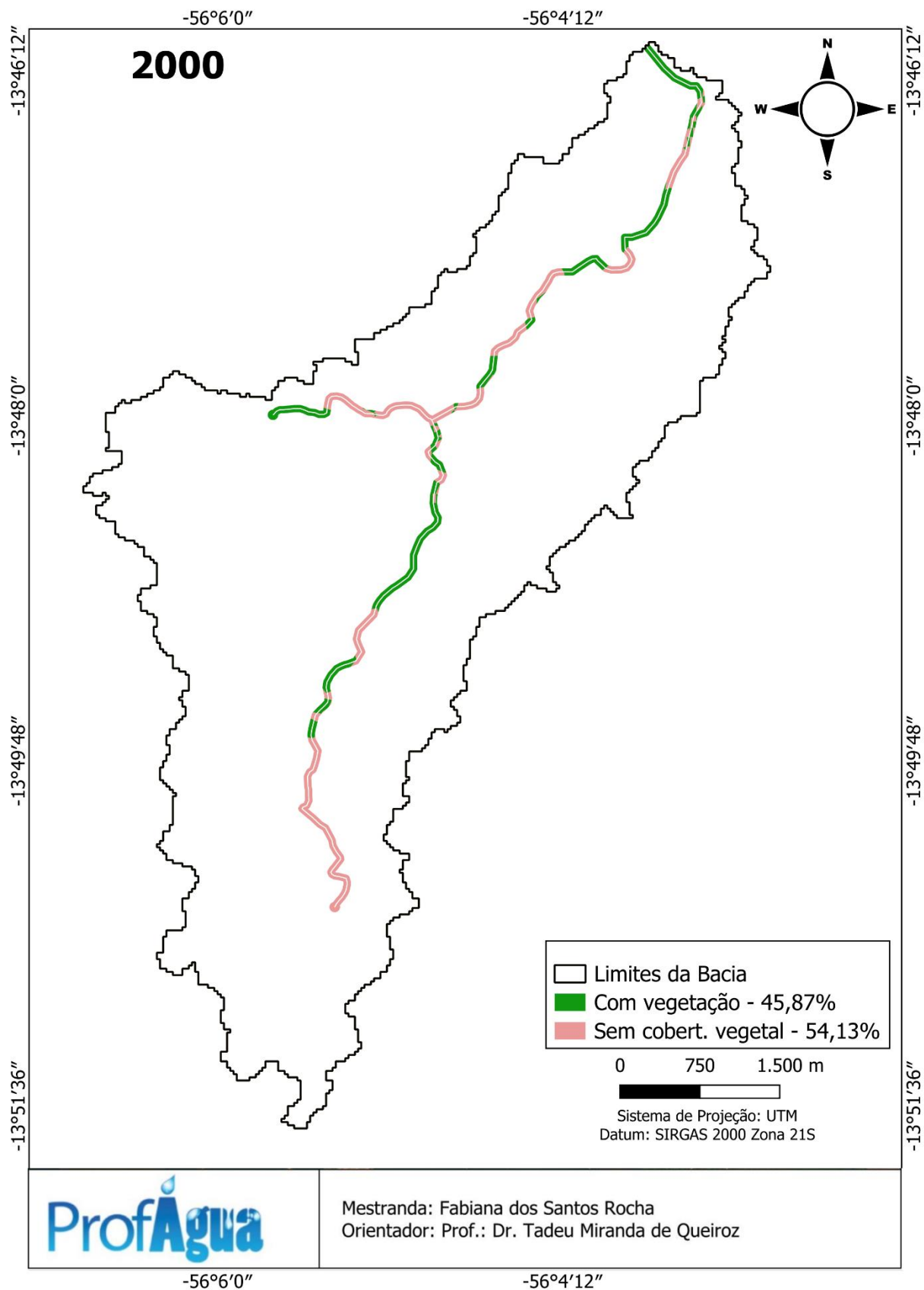
Mapa 6. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho – 1985.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



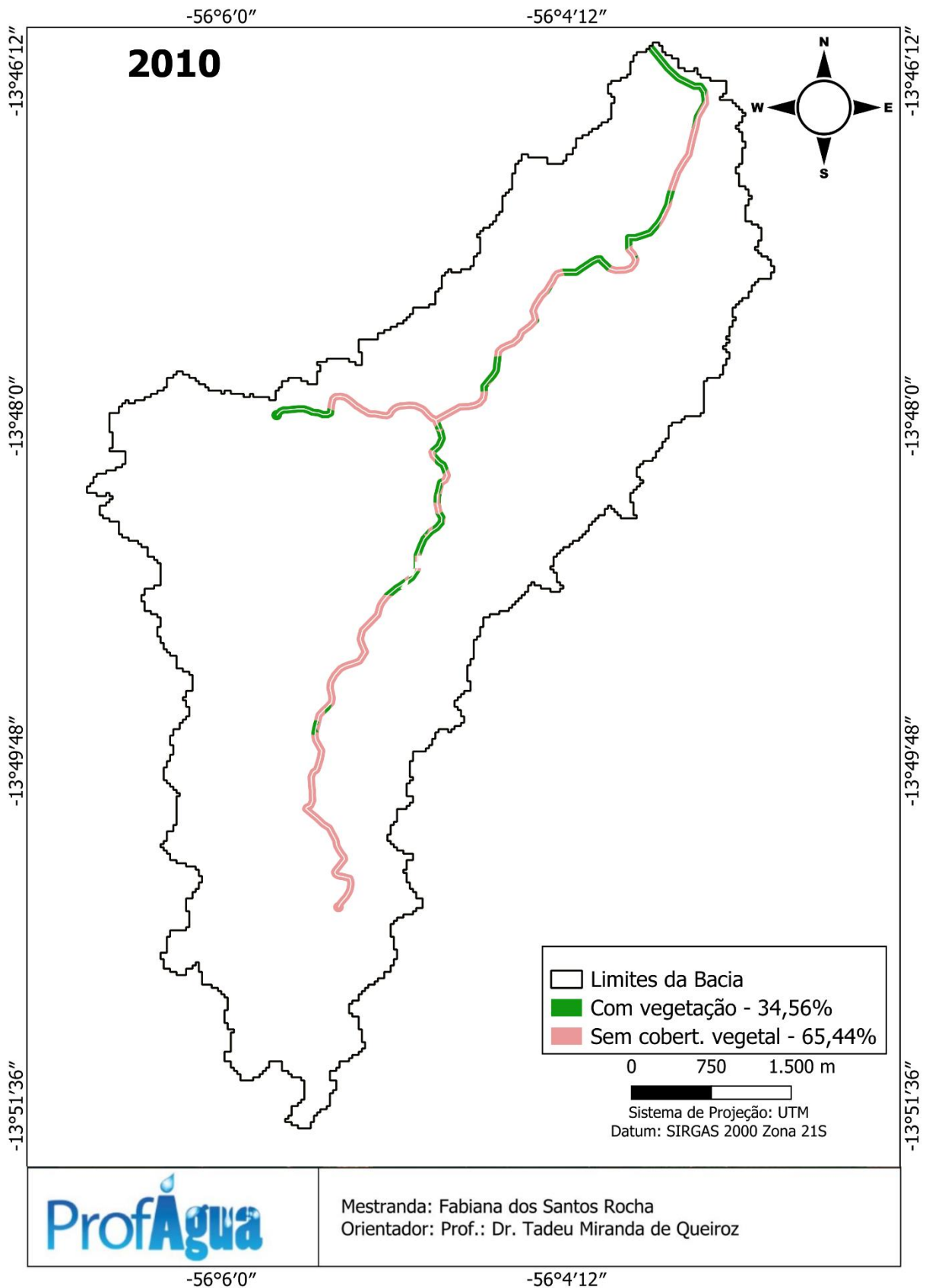
Mapa 7. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho –1990.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



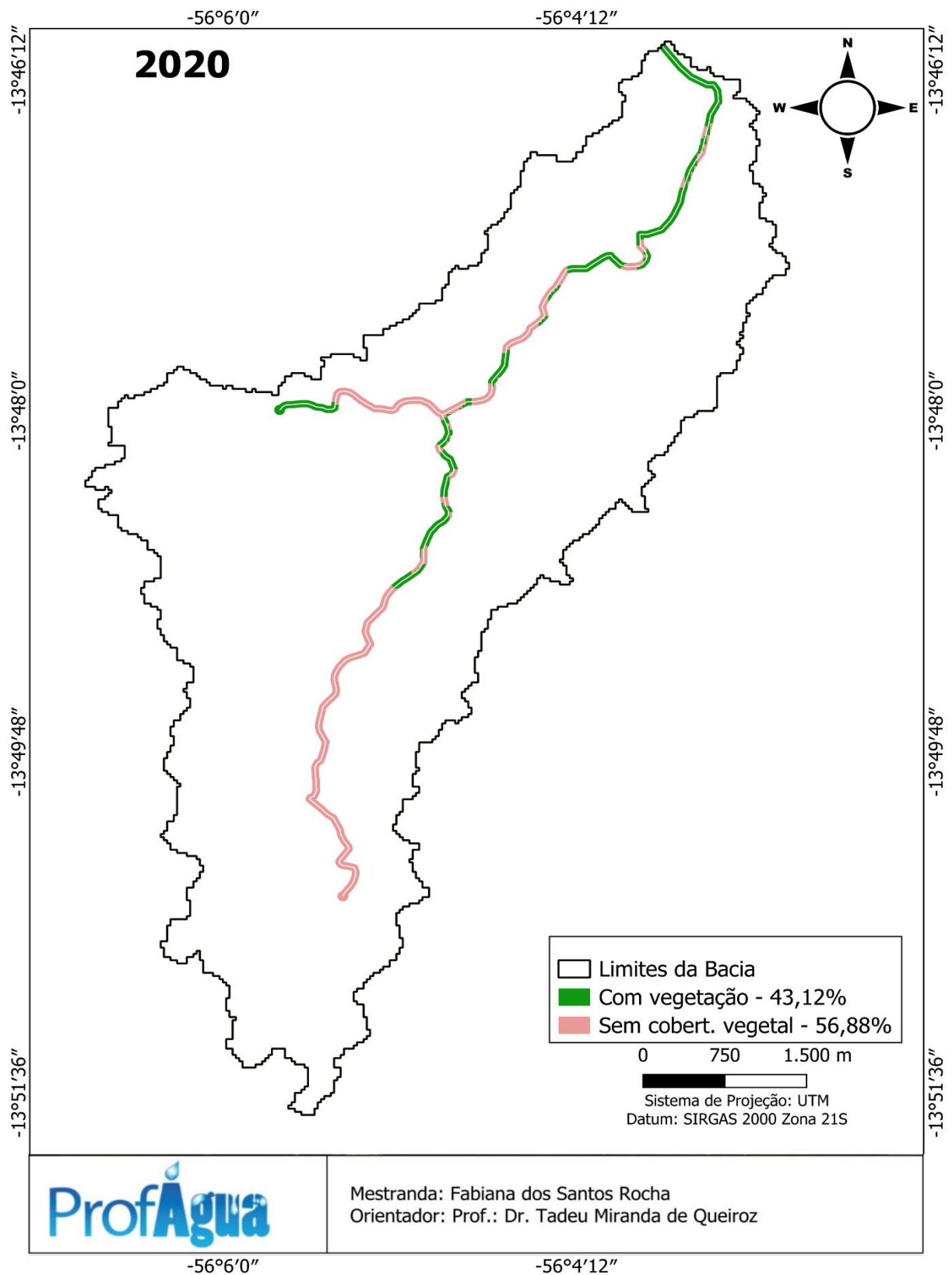
Mapa 8. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho –2000.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



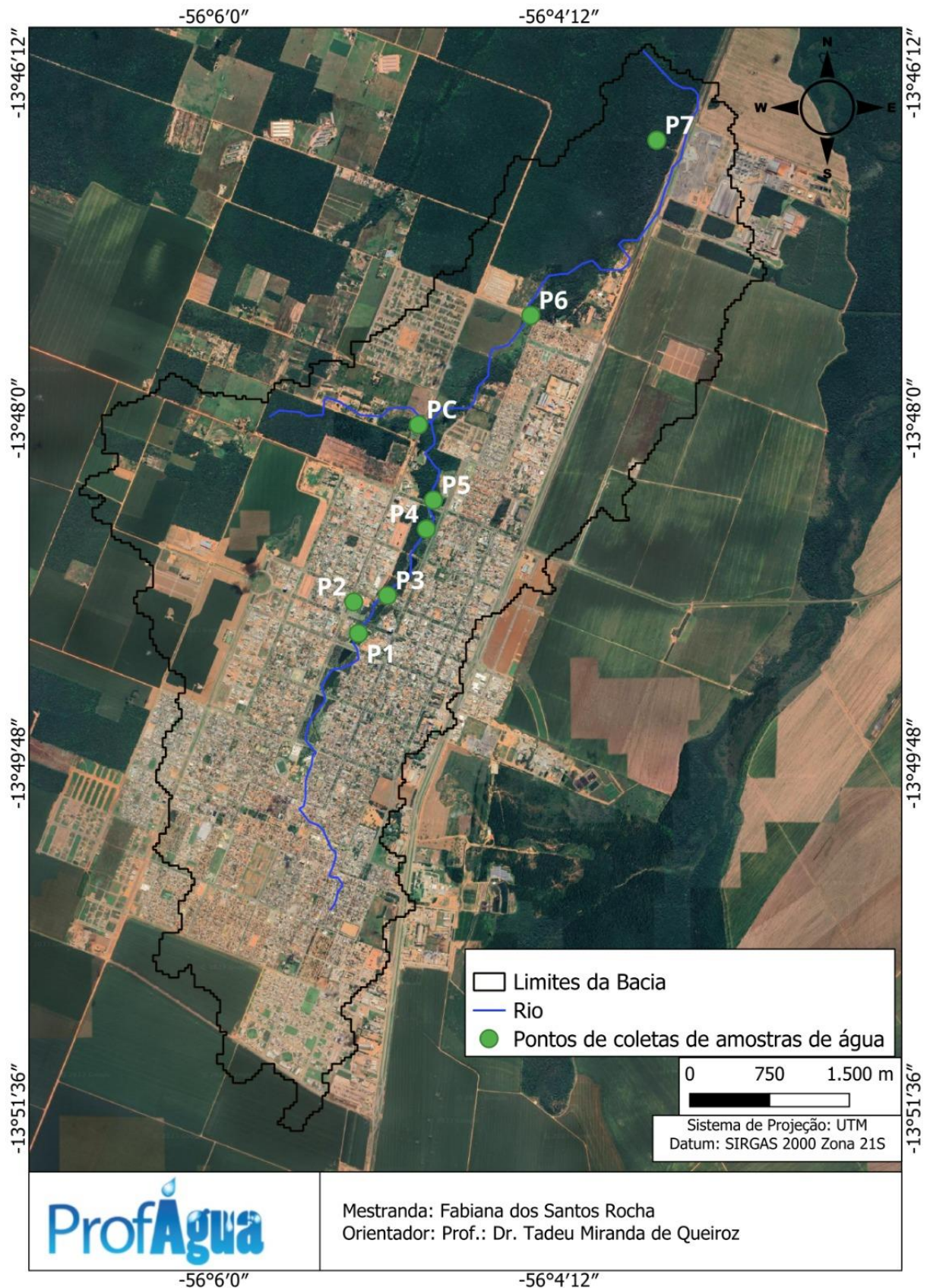
Mapa 9. Delimitação das APPs no Riacho Bujuzinho – 2010.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



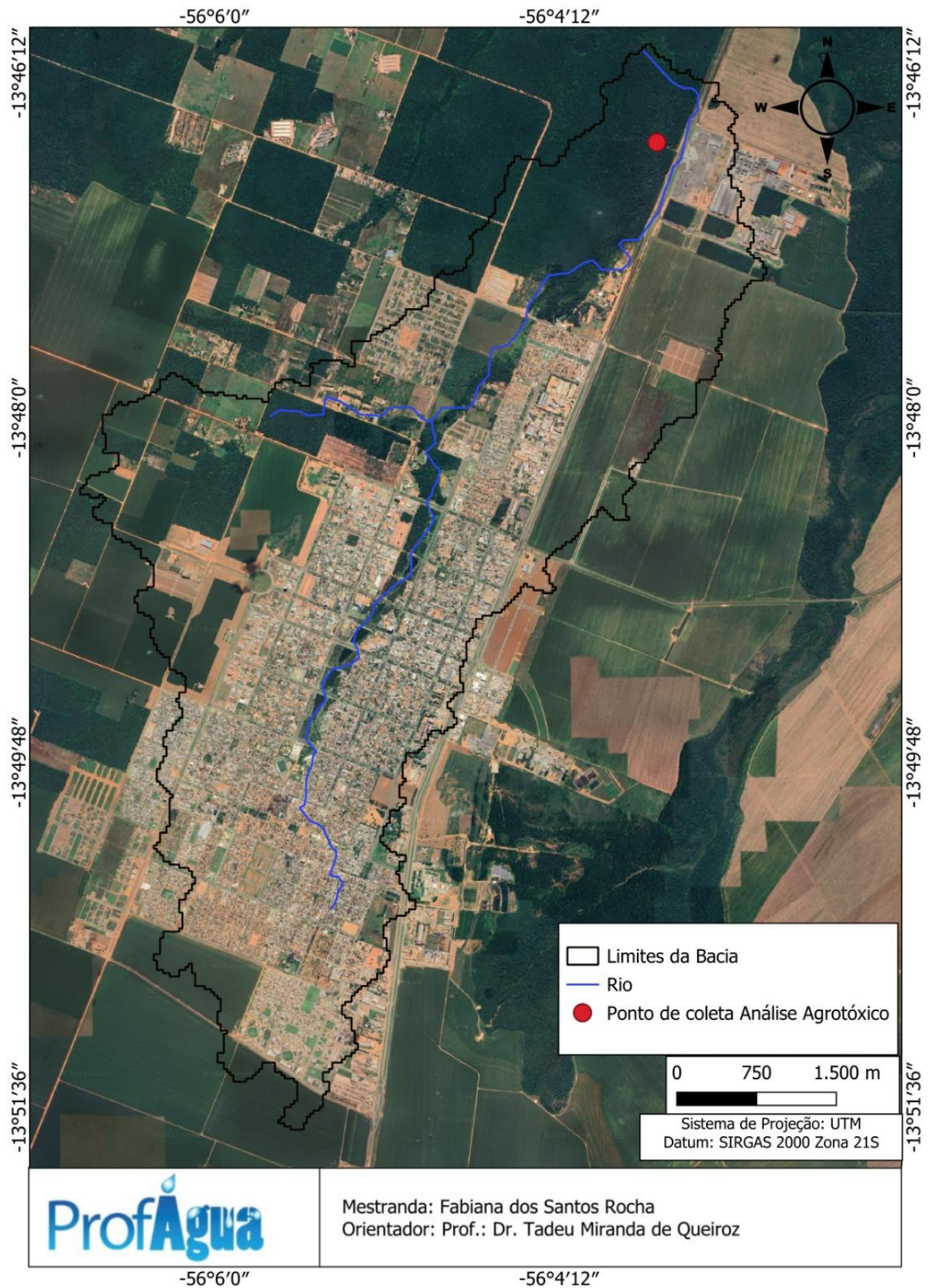
Mapa 10. Delimitação das APPs no Riacho Bujuzinho –2020.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



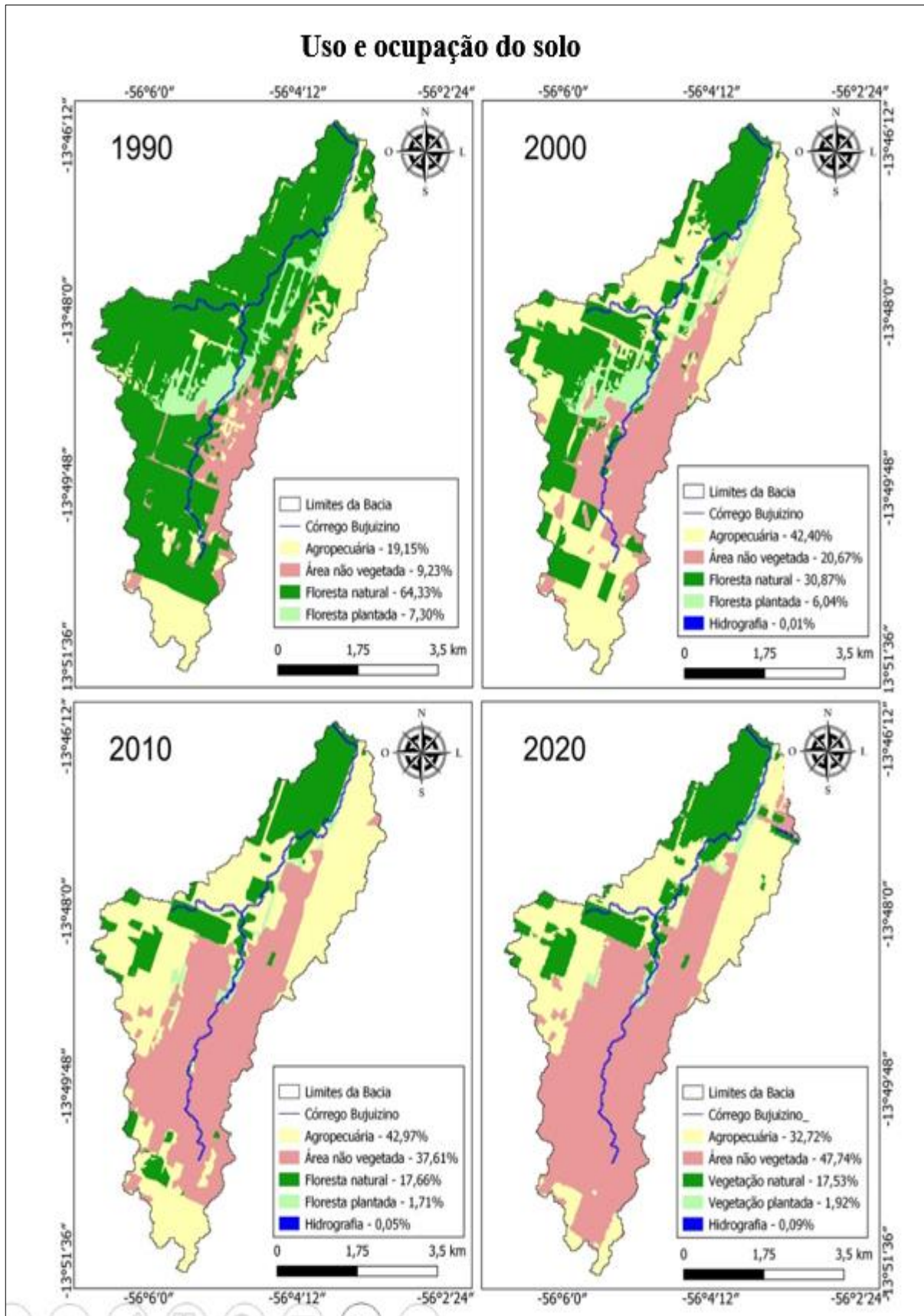
Mapa 11. Localização dos pontos de coletas.

FONTE: Adaptada do Google Earth (2023).



Mapa 12. Bacia hidrográfica do córrego Bujuzuinho e localização do ponto de coleta.

FONTE: Adaptado do Google Earth (2022).



Mapa 13. Uso e ocupação do solo na bacia do córrego Bujuizinho.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

PRODUTO



Desafios para preservação e recuperação de rios urbanos

UMA ABORDAGEM SOBRE O RIACHO BUJUIZINHO EM NOVA MUTUM/MT

FABIANA DOS SANTOS ROCHA

TADEU MIRANDA DE QUEIROZ

FABIANA DOS SANTOS ROCHA
TADEU MIRANDA DE QUEIROZ

**DESAFIOS PARA A PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE RIOS
URBANOS: UMA ABORDAGEM SOBRE O CÓRREGO BUJUIZINHO
EM NOVA MUTUM**

Livro apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - Polo UNEMAT como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Dedicatória...

Dedico a Deus por sempre estar ao meu lado nos momentos mais difíceis desse trabalho, à minha família e amigos que sempre estiveram presentes direta ou indiretamente em todos os momentos de minha formação.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

PREFÁCIO

O tema abordado neste livro sempre foi um anseio de minha parte. O conhecimento nele contido esclareceu várias dúvidas que cultivei ao longo dos mais de 20 anos que trabalho na área da educação. Enquanto educadora, sempre quis ser mais precisa em minhas falas aos alunos no que se refere ao processo de ocupação do solo de Nova Mutum, principalmente no que concerne às margens e nascentes do Riacho Bujuzinho e à qualidade de suas águas.

Base para a manutenção de nossa saúde, a água é um recurso indispensável à vida, tornando-se necessário um olhar mais cuidadoso para os corpos d'água. Neste sentido, a compreensão do contexto geográfico da bacia hidrográfica na qual estamos inseridos é fundamental. Unida a uma proposta que contemple aspectos de a uma Educação Ambiental crítica, torna-se uma ferramenta eficaz na instrução de nossos estudantes, por promover efeitos emancipatórios e transformadores das questões sociais, políticas, culturais, econômicas e ecológicas.

Ao delimitar a bacia hidrográfica do Bujuzinho, identificando e mapeando diversos pontos importantes, o presente trabalho traz uma grande contribuição para os próximos estudos, nos mais diversos níveis, pois conforme prevê a Lei 9.433/97, referente à Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento e gestão. É com base de todos os fatores que ocorrem nesta área, que os membros de um Comitê de Bacias Hidrográficas definem sobre os múltiplos usos da água.

Este livro me fez lembrar a primeira vez que ouvi falar sobre o Bujuzinho. Foi através de um trabalho exposto em cartazes na entrada da então Escola Estadual Isabel Pinto de Campos, no ano de 2001, meu primeiro ano como professora. Na época, o que alguns contavam é que a Escola Municipal Carlos Drummond de Andrade, (hoje C.M.E.B.I. Carlos Drummond de Andrade) havia sido construída sobre uma das nascentes do Bujuzinho. Isso não foi comprovado no presente estudo. Todavia, o município foi se estabelecendo em seu entorno, em locais que se constituem como Área de Preservação Permanente (APP).

Em razão da necessidade essencial de água à vida, é comum que comunidades pioneiras se estabeleçam em lugares próximos a algum recurso hídrico. Historicamente isso não ocorreu apenas em Nova Mutum; é algo que se observa nos mais diversos locais do mundo. Contudo, o que deve ser pensado e, sobretudo, analisado nessa esfera ambiental é o contexto histórico e social de cada momento em que essas práticas de ocupação do solo ocorreram.

As APP's existem no Brasil desde 1965, quando foram instituídas juridicamente pelo Código Florestal (Lei 4.771 – revogada pela Lei 12.651, de 2012), e a gestão de Nova Mutum tem se mostrado preocupada com essas questões. Isso pôde ser constatado neste trabalho, em que se evidenciou um aumento de 8,56% na vegetação urbana entre os períodos de 2010 a 2020, como fruto do processo de revitalização. Porém, deve-se estar atento para os próximos

projetos de expansão urbana, para que novas áreas de ocupação não atinjam a APP danascente do único afluente do Bujuizinho.

A proteção de nossas águas é necessária, mas o embate jamais poderá ser assumido na figura de uma única pessoa, ou mesmo por um grupo de pessoas que simpatizem pelo assunto. Conforme preconiza a PNRH, isso deve ser feito através dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

Já para os trabalhos em educação ambiental com alunos, deixo como sugestão aos leitores a utilização deste livro de forma associada ao Método VERAH (Vegetação, Erosão, Resíduos, Água e Habitação), que é uma forma de investigação ambiental que se propõe a realizar um diagnóstico simplificado através da pesquisa-ação, e que pode ser utilizado desde os jovens da Educação Básica até o nível de Pós-graduação. As vivências das atividades de campo que este método proporciona, não são possíveis de serem estabelecidas apenas em sala de aula.

Esta obra tem o potencial de sensibilizar, inspirar, guiar e subsidiar gestores, educadores e demais membros da sociedade, aficionados pelas questões ambientais, na elaboração de futuras obras, trabalhos e estudos a serem realizados no município de Nova Mutum. Que sirva de base para a construção de uma Nova Mutum que seja cada dia melhor e mais saudável para seus habitantes.

Hoje, 15/10/2023, dia em que escrevo este prefácio, desejo que este material sirva de apoio a tantos outros educadores que chegaram à Nova Mutum depois de mim, que talvez pouco saibam sobre o processo de ocupação do solo em nosso município e das condições de suas águas. Que ele venha a contribuir no processo de Educação Ambiental de nossos estudantes.

Finalizo agradecendo o convite para prefaciá-la esta obra que por anos esperei contemplar. Parabenizo minha querida amiga Fabiana por sua superação, em que, mesmo nos momentos mais difíceis, não desistiu deste trabalho. Parabéns pela coragem em abordar com clareza um tema tão importante quanto politicamente delicado.

Erika Regina de Oliveira Minetto

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS DO RIACHO BUJUIZINHO	17
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. A CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM NOVA MUTUM/MT	19
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BUJUIZINHO.....	22
2.1.1. <i>Identificação das nascentes</i>	22
2.1.2. <i>Análise de uso e ocupação do solo</i>	22
2.1.3. <i>Delimitação das APPs</i>	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	29
4. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 2 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO	38
1. INTRODUÇÃO.....	38
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	40
2.1.1. <i>Localização dos pontos de coleta de amostras de água</i>	40
2.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO.....	44
2.2.1. <i>Análise das amostras coletadas</i>	45
2.2.2. <i>Análises estatísticas</i>	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1. VARIACÃO SAZONAL E ESPACIAL DAS QUATRO VARIÁVEIS ANALIZADAS NOS PERÍODOS DE SECA E CHUVA.....	50
3.1.1. <i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i>	51
3.1.2. <i>Temperatura</i>	52
3.1.3. <i>Oxigênio Dissolvido -OD</i>	54
3.1.4. <i>Turbidez</i>	56
3.1.5. <i>Índice de Qualidade da Água – IQA</i>	59
3.1.6. <i>Índice de Estado trófico – IET</i>	63
4. CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO 3 – PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO NO CERRADO BRASILEIRO, REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA.....	70
1. INTRODUÇÃO.....	70
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	73
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	73
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
4. CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	88

APRESENTAÇÃO

A presente produção está estruturada em três capítulos, cada um deles é resultante da pesquisa desenvolvida durante a dissertação de mestrado. No primeiro capítulo, é explorado o tema do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Riacho Bujuizinho, com foco na delimitação das Áreas de Preservação Permanente – APPS. O segundo capítulo se concentra em uma análise abrangente do Índice de Qualidade de Água – IQA e do índice de Estado Trófico – IET na bacia estudada. Por fim, o terceiro capítulo dedica-se à análise dos parâmetros orgânicos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Cada capítulo oferece percepções valiosas frutos provenientes da pesquisa, cujas contribuições são imprescindíveis para uma compreensão mais profunda dos desafios e das oportunidades associadas à gestão e conservação dos recursos hídricos em nossa região de estudo.

INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos grandes desafios relacionados aos corpos hídricos urbanos é o de conviver com suas águas livres de contaminantes decorrentes de despejos de efluentes industriais e domésticos que, quando localizados em regiões de agricultura intensiva, apresentam o risco de contaminação por agrotóxicos ou fertilizantes.

O processo de urbanização e de crescimento das cidades têm contribuído para a contaminação dos córregos urbanos, causando consideráveis problemas ambientais, como, por exemplo, a poluição desses cursos d'água, o que é alarmante visto que está diretamente ligada às funções vitais dos seres que dela dependem (JACOBOSKI E FACHINETTO, 2022). Com o surgimento dos grandes centros urbanos, com o crescimento demográfico e com o advento da industrialização, aumenta-se, também, a demanda populacional por recursos hídricos (MARTINHAGO *et al.*, 2021) e, com isso, tanto a quantidade quanto a qualidade das águas podem ser comprometidas.

A alteração na qualidade das águas pode afetar as comunidades aquáticas levando-as à morte, especialmente a de algumas espécies com maiores sensibilidades (COSTA e ROCHA, 2020), podendo haver, ainda, a contaminação de espécies de peixes alimentícias aos seres humanos. Danelon e Rodrigo (2017) afirmam que pensar sobre a qualidade das águas não está inteiramente ligado apenas à sobrevivência humana, mas sim em toda a diversidade biológica global, pois existe uma grande interação entre todas as espécies. Sendo assim, a conservação dessa qualidade está essencialmente relacionada às condições antrópicas e naturais.

Para aferir esse equilíbrio entre a qualidade dos recursos hídricos e a ocupação do solo, Cornelli *et al.* (2016) inferem que fazer o mapeamento de uso e cobertura do solo é de fundamental importância como instrumento de auxílio para constatação de perdas da biodiversidade que, por sua vez, podem ser resultantes de diferentes fatores como, por exemplo, o desmatamento e a urbanização.

A notoriedade das geotecnologias nesse processo é inegável e desempenha um papel fundamental na gestão ambiental das áreas urbanas em todo o mundo. Essas tecnologias, que envolvem a coleta, a análise e interpretação de dados geoespaciais, desempenham um papel crucial na compreensão do processo de uso e ocupação do solo e no monitoramento da qualidade das águas em ambientes urbanos. Por meio das geotecnologias, como o sensoriamento remoto através de imagens de satélites e drones, é possível a criação de mapas detalhados do uso e ocupação do solo nas áreas urbanas. Isso é essencial para identificar áreas

críticas, como zonas industriais, zonas residenciais, áreas verdes e de preservação, e a infraestrutura urbana. Esses mapas ajudam a entender como o desenvolvimento urbano está afetando a paisagem e influenciando a qualidade das águas dos rios.

Nesse cenário, as geotecnologias têm sido amplamente utilizadas em um contexto mundial, para realizar levantamentos e avaliações ao que diz respeito a vulnerabilidade ambiental nesses espaços construídos e explorados pelo homem. (PAVANIN *et al.* 2017). Nunes e Leite (2014) relatam sobre a importância da aplicação das geotecnologias para os estudos ligados aos recursos hídricos, por meio do sensoriamento remoto e do processamento de imagens digitais para o uso e cobertura do solo, como forma de subsidiar aos estudos sobre as fragilidades ambientais.

Em resumo, as geotecnologias desempenham um papel crítico no monitoramento dos rios urbanos, permitindo uma abordagem mais precisa e baseada em evidências para a gestão da qualidade das águas. Elas capacitam as autoridades, pesquisadores e gestores a compreender melhor os complexos processos de uso e ocupação do solo nas áreas urbanas e a tomar medidas eficazes para preservar e melhorar a saúde dos rios urbanos, garantindo água de qualidade para as comunidades urbanas e a sustentabilidade ambiental.

Conforme os estudos de Souza *et al.*, (2014), os rios estão incluídos em tudo o que ocorre nas regiões de entornos, levando sempre em consideração o processo de uso e ocupação dos solos, e a partir dessa interação, suas características ambientais, principalmente, suas comunidades biológicas contribuem com informações sobre os efeitos das ações antrópicas. Diante disso, é essencial que seja realizado um estudo sobre o uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica para entender a dinâmica dos efeitos que podem alterar a qualidade das águas.

Perante o cenário atual, em que se encontram a qualidade ambiental dos recursos hídricos, inúmeras pesquisas surgem no Brasil com o intuito de constatar a ampla necessidade de conservar a qualidade das águas. Além do mapeamento dos usos e cobertura dos solos é importante obter informações sobre possíveis contaminantes que possam estar sendo depositados nos corpos hídricos, para isso, vários índices foram criados como, por exemplo, o Índice de Qualidade de Água – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET.

A fim de identificar se a qualidade da água está dentro de um padrão mínimo aceitável, é necessário determinar sua finalidade de destino. Conforme afirmado por Costa e Ferreira (2018), as características químicas e físicas de um rio podem ser enquadradas para usos que

necessitem de procedimentos e desinfecções específicas ou que não exijam nenhuma interferência para atender os parâmetros adequados para cada fim.

Diante disso, é preciso fazer o enquadramento correto estabelecido pela Resolução Normativa 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, a qual define a classificação das águas doces, salinas e salobras.

Segundo a resolução supracitada, as águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano a partir de uma desinfecção, e as utilizadas para preservação das comunidades e dos ambientes aquáticos nas unidades de conservação e preservação integral estão classificadas como Classe Especial. Já na Classe 1, enquadram-se as águas destinadas ao abastecimento humano somente após passarem por tratamento simplificado. As utilizadas para a proteção das comunidades aquáticas, para a recreação de contato primário, para irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas e sem a remoção da película e, por fim, para a proteção da vida aquática em terras indígenas também se enquadram nessa classe.

À Classe 2 pertencem as águas que são utilizadas para consumo humano mediante tratamento convencional, podendo ser utilizadas à recreação de contato primário, à proteção da comunidade aquática, à irrigação de áreas que a população tenha contato direto, bem como de hortaliças e frutas. Enquadram-se, ainda, nessa classe a aquicultura e a pesca. A Resolução CONAMA 357/05 define ainda que, para os rios de águas doces que não possuem enquadramento, até que sejam aprovados, permanecerão como classe 2.

Na Classe 3 estão as águas que, após tratamento convencional ou avançado, podem ser empregues para abastecimento. A irrigação de culturas arbóreas, ou de cereais e forrageiras, a pesca amadora, a dessedentação de animais e a recreação de contato secundário estão inseridas nessa classe. Somente podem ser enquadradas na Classe 4 as águas destinadas à navegação e à harmonização paisagística.

Para cada classe de enquadramento existem parâmetros orgânicos e inorgânicos específicos que necessitam ser seguidos dentro do estabelecido pela resolução. A partir do enquadramento dos corpos hídricos e entendendo sua finalidade, vários índices são utilizados a fim de determinar a qualidade da água.

No Brasil, o IQA foi adaptado pela CETESB a partir de um estudo realizado pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970. A proposta inicial analisava trinta e cinco variáveis, mas somente nove foram selecionadas pela CETESB para avaliar a qualidade das águas, levando-se em conta os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos (CETESB, 2019), sendo elas: Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total,

Fósforo Total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido. Ao analisá-las, é possível proceder com uma avaliação geral sobre a situação das águas superficiais e apontar contribuições de despejo de efluentes industriais ou domésticos, (CONEGLIAM 2020). Outro fator de grande importância no monitoramento das águas superficiais é que, por meio desse índice, os resultados podem se converter em feitos reais destinados a atenuar os efeitos da ação antrópica, conforme afirma Pessoa (2010) citados por Leitão *et al.* (2015).

Oliveira *et al.* (2018) chamam a atenção para a importância da aplicação do IQA quando afirmam que o monitoramento da qualidade da água no recurso hídrico é importante para a sociedade por se tratar de um ambiente vulnerável à ação antrópica.

Associação de outros índices ao IQA contribui para a formação de um conjunto de dados mais precisos que proporcionam melhor percepção das mudanças ambientais ocorrentes na natureza. Associado ao IQA, o Índice de Estado Trófico – IET pode fornecer mais informações sobre as características das águas. Sua finalidade é a de classificar os corpos d'água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias (CETESB, 2019).

Nesse sentido, este trabalho analisa do uso e ocupação do solo, o comportamento de quatro variáveis do IQA, durante um ciclo hidrológico completo, sendo elas: o pH, a Turbidez, a Temperaturas e o Oxigênio Dissolvido, duas análises das demais variáveis do IQA e do IET, uma no período chuvoso e outra na seca e uma análise dos cinquenta e quatro parâmetros orgânicos estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA.

CAPÍTULO 1 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MARGENS DO RIACHO BUJUIZINHO

Fabiana dos santos Rocha
Tadeu Miranda de Queiroz

1. INTRODUÇÃO

A urbanização brasileira é um assunto que merece destaque, pois suas falhas na implantação ocorreram sem priorizar as questões ambientais, tendo seu desenvolvimento acompanhado exclusivamente pelas demandas capitalistas para o desenvolvimento econômico do país. Esse processo teve início no século XX quando entrou em vigor a era da industrialização no país, fator esse que, associado à intensa migração campo/cidade, provocou uma grande mudança nos padrões de distribuição espacial da população por todo o território.

Até por volta de 1950, a população era predominantemente rural, segundo o Censo Demográfico (1940-2010) a população urbana em 1940 perfazia um total de 31,24% e, a partir da década seguinte, com o surgimento das novas cidades, principiou a ocorrência de uma intensa e desordenada urbanização, e problemas socioambientais começam a surgir para a população residente nesses locais (SILVA *et al.*, 2018).

Os grandes centros urbanos surgiram nas regiões litorâneas, nascendo, então, as primeiras metrópoles, e, com elas, os problemas socioambientais ficaram mais evidentes. O país não possuía uma estrutura compatível e tampouco um planejamento urbano capaz de absorver esse grande número de habitantes nas novas cidades que ainda eram deficientes em infraestrutura, moradia e emprego.

Dentre os principais problemas decorrentes desse processo, destacam-se os que estão ligados aos recursos hídricos e que, segundo Ribeiro e Gallerani (2004), com o processo de industrialização levou a uma crescente expansão das cidades, fez com que aumentasse o consumo de água, e, como consequência, também ocorrem os lançamentos de efluentes não tratados nos corpos d'água levando ao comprometimento tanto da disponibilidade quanto da qualidade da água.

Por falta de uma gestão planejada e uma infraestrutura deficitária, o intenso êxodo rural a partir da década de 1950 acelerou a urbanização e deu início ao processo de ocupação ilegal

de áreas íngremes, margens de rios sem que fossem desenvolvidos estudos sobre as consequências do uso do solo nessas áreas.

De acordo com Dias *et al.* (2015 p. 1493 - 1508), a ocupação dessas áreas sem que haja um estudo sobre o local invadido podem gerar problemas ambientais mais graves.

A defasagem ou inexistência de estudos relacionados ao meio físico, como o conhecimento dos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos das localidades, bem como do meio biótico, destacando-se a cobertura vegetal, também contribuem para o surgimento de problemas nos núcleos urbanos, destacando, neste caso, a ocorrência de inundações em áreas urbanas. A ocorrência destes eventos também está relacionada à ocupação de áreas inadequadas para tal uso, especialmente as margens de rios, sendo intensificada por processos que causam alteração no uso do solo, como a impermeabilização excessiva.

Por outro lado, Silva e Santos (2012 p. 488-508) afirmam que, além do aumento do consumo nos grandes centros urbanos e do despejo dos efluentes, por falta de um planejamento que atenda a todas as classes sociais, as margens dos rios acabam sendo o principal local de acesso a moradias clandestinas.

No que se refere aos rios urbanos, hoje a maioria são receptáculos de esgotos, depósitos de lixo, são ecossistemas negados pelo crescimento urbano; suas margens são ocupadas majoritariamente pelas camadas mais pobres da sociedade, que assistem amedrontadas às dinâmicas naturais do rio, especialmente em dias de chuvas torrenciais, os quais são marcados por enchentes e alagamentos, eventos catastróficos que promovem danos materiais, à saúde, e até mortes, das pessoas que moram às suas margens.

Além dos problemas já citados, é notável também as alterações nos índices de qualidade das águas decorrentes de todo o processo de expansão urbana, ocupação ilegal das margens dos rios e despejo de efluentes sem tratamento. Essas análises também são concomitantes aos estudos efetuados por Cornelli *et al.* (2016).

O processo de urbanização no estado de Mato Grosso acompanhou a evolução da urbanização nas áreas litorâneas movidas a outros interesses. Ainda, em meados do século XX, novas descobertas auríferas despertaram o interesse por terras nessa região. Desenvolve-se ainda, a atividade agropecuária voltada para a subsistência.

Para a análise do processo de ocupação e urbanização em Mato Grosso, Santos (2012 p. 13-43) sugere que é preciso entender a importância da estruturação da fronteira agropecuária.

Ao analisar e compreender a produção do espaço agrário de Mato Grosso é necessário fazer um diagnóstico da formação e estruturação da fronteira agropecuária. A formação e organização do espaço de Mato Grosso, primeiro deram-se com a abertura do território pelos bandeirantes com o intuito de explorar minas auríferas e madeiras,

manter o domínio e a segurança do território no Brasil Colônia. Com a chegada dos bandeirantes, começa o processo do fluxo migratório e povoamento. Com isso surgem os primeiros povoados urbanos nos arredores das explorações diamantíferas na região de Cuiabá, no início do século XIX. A ocupação humana da região era uma forma de garantir a geopolítica territorial inicial para o governo central.

A partir de 1970, a urbanização no estado passou por um intenso processo de crescimento, apontado por Barcelos (2014) como sendo resultado de novas políticas públicas durante o regime militar para incentivar o desenvolvimento agrícola em áreas que ainda não haviam sido ocupadas.

De acordo com Silva e Santos (2012), as novas políticas públicas adotadas pelo governo militar tiveram como base os vários investimentos, inicialmente na pecuária quando em 1972 o estado passou a integrar a região da Amazônia Legal. Ainda, neste período, o INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária implantou novos projetos de colonização no norte do estado, o que foi facilitado pela construção das BR -163 e BR – 364 ligando o estado ao sul e ao norte do país.

A agricultura modernizou-se rapidamente, razão pela qual atraiu muitos migrantes para a região. Dessa forma, novas cidades começaram a serem construídas.

Diante do exposto, o estudo objetivou analisar como ocorreu o processo de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho e avaliar se esse processo afetou as áreas de APPs, por meio de mapeamento do uso e cobertura do solo e das APPs, com o intuito de que os dados levantados possam servir de subsídios para o surgimento de programas visando a preservação dessas áreas.

1.1. A CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO EM NOVA MUTUM/MT

Localizado a aproximadamente 250 km da capital Cuiabá, as margens da BR 163, no Médio Norte do estado de Mato Grosso, Nova Mutum vem apresentando um crescimento urbano acelerado e sua crescente economia está pautada no agronegócio, com destaque para as produções de soja, milho e algodão. Ao longo das últimas décadas, observou-se uma série de transformações tanto no espaço urbano quanto no espaço rural.

Nova Mutum teve seu processo de ocupação elencado na expansão da fronteira agrícola nos anos de 1970. No entanto, na década de 1940 o território, que hoje é o município, já começava seus primeiros sinais de colonização, voltado, nesse período, para a exploração da borracha, conforme afirma Volochko (2015).

De acordo com o Plano Diretor do município de Nova mutum (2015), em 1966 um grupo de empresários paulistas, liderados por José Aparecido Ribeiro, adquiriu a primeira

grande propriedade o que deu origem à empresa Mutum Agropecuária. Já em 1978, cem mil hectares da empresa foram destinados a implantação do projeto de colonização do município. Parte dessas terras foram utilizadas para o projeto de pecuária que foi implantando em 1981.

Esses projetos foram de grande importância servindo como atrativo para o processo migratório na região, principalmente dos sulistas, sendo intensificado entre os anos de 1976 e 1987 (FRANS, 2020).

Conforme Franz (2020), o ano de 1978 foi marcado por grandes conquistas, chegaram os primeiros moradores do projeto de colonização e foi criado, no mesmo ano, a agrovila Vila Mutum. Em 1979 a Vila Mutum passou a ser o Distrito de Nova Mutum, pertencendo ao município de Diamantino.

Inicialmente, foram construídas 10 casas, em seguida, novas estruturas tiveram seu início de construção. Começava, então, o processo de formação da área urbana, conforme afirmam Carignani *et al.* (2018 p. 1-17).

A colonizadora construiu a princípio 10 casas e a sede da colonizadora numa área aberta na mata provisoriamente por trator. Em seguida, escola, centro comunitário, posto de saúde e alojamento para abrigar os compradores de terra. Foi construída uma infraestrutura básica para que o essencial pudesse funcionar. Para o centro urbano foram reservados 551 hectares. Quem adquirisse um lote rural recebia de bonificação dois terrenos urbanos.

Esses terrenos urbanos adquiridos às margens da BR-163 estavam localizados em áreas da bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho e toda a estrutura urbana inicial, da cidade de Nova Mutum foi sendo construída em torno do riacho. No entanto, seu planejamento inicial não levou em consideração as condições topográficas do local e nem dos recursos hídricos. Sendo assim, o riacho deixou de receber a manutenção adequada, comprometendo sua nascente principal e, conseqüentemente, o seu curso.

Já em 1988, com uma população superior a cinco mil habitantes e com mais de duzentos domicílios urbanos, Nova Mutum deixou de ser distrito e sua emancipação ocorreu no dia 04 de julho de 1988

O riacho, nessa fase inicial de construção, ainda por volta de 1998, cortava toda a extensão urbana e os lotes ao seu em torno foram adquiridos pelo poder público com a finalidade de criação de um parque ecológico, conforme afirmam Carignani *et al.* (2018).

O período entre 1990 e 2000 foi marcado pelo maior crescimento urbano, justificado pelo aumento na oferta de trabalho no agronegócio que continuou atraindo migrantes de outras regiões, como por exemplo Nordeste e Sudeste, não se restringindo mais em sua maioria

sulistas. Ao mesmo tempo em que ocorria o crescimento da cidade, o processo de urbanização estava em seu ápice. Em 1991 a população era essencialmente rural, 63%. Já em 2000, apenas 27,98% residiam no campo. Para 2010 a população do município atingiu 31.649 (IBGE, 2018) habitantes e esse crescimento acelerado chegou em 2022 com 55.648 mil habitantes, um aumento de 41.3% em apenas doze anos (IBGE, 2022).

Esse crescimento demanda maiores investimentos em infraestrutura para atender as necessidades populacionais e garantir uma organização urbana preocupando-se com as questões ambientais.

Em 1991, com uma população total de 5.698 habitantes, o município não possuía sistema de esgotamento sanitário público, e não possui até hoje, mesmo com sua população atingindo mais de cinquenta e cinco mil habitantes, seu descarte continua sendo feito por meio de fossas sépticas ou sumidouros o que gera uma grande dificuldade de contabilizar a quantidade diária de efluentes devolvidos sem tratamento e colocando várias áreas em riscos de contaminação, tanto pelo descarte de efluentes domésticos em galerias pluviais e em vias públicas quanto dos efluentes industriais, já que os corpos hídricos são utilizados para a diluição desses efluente (Relatório Técnico do Plano Municipal de Saneamento Básico: Nova Mutum-MT 2017).

O crescimento das cidades e a urbanização promove uma produção maior de esgotos e resíduos sólidos, necessitando, assim, de uma gestão voltada a atender seu descarte de forma correta para não comprometer a saúde pública e a manutenção dos corpos hídricos que acabam recebendo esses dejetos. A realização da coleta e o tratamento do esgoto são atividades realizadas de forma insuficiente no estado de Mato Grosso, a mesma realidade ocorre em todo o país, o estado conta com 19% apenas dos municípios com rede de coleta de esgoto (JULLIE *et al.* 2020).

Ao longo dos 35 anos de emancipação, vários projetos habitacionais foram criados e muitas empresas foram instaladas, algumas transnacionais, nas diversas áreas do agronegócio, o que continua sendo um grande atrativo para migrantes de diversas regiões projetando um crescimento urbano ainda mais promissor.

A cidade conta com 53 bairros projetados, sendo que dois deles são exclusivamente reservados ao desenvolvimento industrial e tecnológico, os industriais Norte e Sul (Prefeitura Municipal de Nova Mutum 2022).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO BUJUIZINHO

O estudo foi realizado em uma área de 27,87 km² na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho no município de Nova Mutum, localizado na porção Médio Norte do estado de Mato Grosso entre os paralelos de 13°51'43.00'' e 13°46'04.22''S e entre os Meridianos 56° 7.05'38.83'' e 56°03'43.75''O.

Para a delimitação da referida bacia, foi utilizado o modelo digital de elevação – MDE, folha 13S57, correspondente ao município em questão, com resolução de 30 metros obtido a partir da base cartográfica do site do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE. Em seguida, foram realizados o tratamento e a análise da imagem através do software da categoria dos Sistemas de Informações Geográficas, QGIS 3.22.5¹, foram mosaicadas e reprojctadas para as coordenadas SIRGAS 2000/UTM zona 21S. Para determinar a bacia hidrográfica, houve a realização de procedimentos utilizando as ferramentas *r.watershed* e *r.water outlet*, considerando o mínimo de cinco mil células para a extração da rede hidrográfica.

Foram convertidas para o formato Vetorial as camadas Raster de saída, *Stream Segments* (imagem com segmento de fluxo) e *Drainage Direction* (imagem com direção de drenagem), selecionando apenas os cursos d'água da área de estudo.

2.1.1. Identificação das nascentes

A identificação das nascentes foi realizada por meio do mapeamento e da delimitação da bacia hidrográfica e confirmados com o auxílio dos dados disponíveis no SICAR e acessados pelo link <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>, utilizando a opção de busca por município e fazendo o download dos arquivos com as informações nas áreas da bacia. A partir do mapeamento e da obtenção desses dados, foram comparadas com a imagem no *Google Earth*®.

2.1.2. Análise de uso e ocupação do solo

A análise do uso e ocupação do solo foi realizada por meio de levantamento bibliográfico sobre o processo de urbanização e crescimento da cidade, em artigos científicos,

¹ https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html

documentos públicos e livros, disponibilizados pela prefeitura municipal de Nova Mutum. As imagens utilizadas foram obtidas na base cartográfica do Mapbiomas. As datas de obtenção delas foram definidas para os anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020. Os períodos selecionados objetivaram a construção de um cenário evolutivo dos resultados, com intervalos de dez anos. Já para o período de 1985, sua escolha foi baseada na data limite de imagens de satélites disponíveis.

Após a obtenção das imagens, seu tratamento e análise foram efetuados utilizando o software QGIS 3.22.5. Com o auxílio dessa ferramenta, foi criado um banco de dados com as imagens de satélites utilizadas para os diferentes períodos durante o processo de ocupação urbana com o objetivo de fazer uma análise visual do processo de substituição das áreas naturais pela ocupação urbana. Com essas imagens, foram elaborados os mapas temáticos contribuindo, assim, com o processo de caracterização da área. Recortes para a área de estudo foram necessários e as imagens foram reprojetaadas para as coordenadas SIRGAS 2000/UTM 21S.

Para a reclassificação, utilizou-se a função reclassificar por tabela utilizando as quatro classes baixadas do Mapbiomas, sendo elas: floresta, agropecuária, área não vegetada e hidrografia. A área não vegetada representa as áreas de expansão urbana. Com a reclassificação já realizada, recorreu-se à paleta de cores RGB para o QGIS, também baixada do mesmo site.

2.1.3. Delimitação das APPs

As áreas de APPs foram delimitadas de acordo com a referência legal instituída pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que estabelece os limites de áreas vegetadas protegidas para cada largura específica de cursos d'água natural, perene e intermitentes, conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1. Faixa de APPs para cada largura de curso d'água conforme estabelecido pela Lei. 12.651/2012

Largura do curso d'água (m)	Faixa APP (m)
Até 10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
> 600	500
Nascentes	Raio mínimo de 50

FONTE: Adaptado da Lei nº12.651/2012

De acordo com o artigo 3º, em seu inciso II da Lei 12.651/2012, as Áreas de Preservação Permanente (APP) referem-se a todas as áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Essas áreas são de suma importância para garantir a vida útil e o equilíbrio biológico dos corpos d'água, sendo proibido o desmatamento e a substituição da vegetação por outros tipos de usos do solo.

Foi importada para o QGIS a bacia hidrográfica já delimitada anteriormente juntamente com a extração dos corpos d'água. Em seguida, foi aplicado um buffer de 5 m em ambos os lados da feição formando o rio que em todo o seu curso não ultrapassou os 10 m.

As APPs foram delimitadas com um raio de 50 m em torno das nascentes e 30 m para cada margem do riacho, conforme estabelecido pela Lei nº12.651/2012 para a largura do riacho já especificado. As nascentes foram criadas usando uma nova camada *shapefile* com geometria de pontos onde foram utilizados dois buffers²s com raio de 50 m para cada nascente.

Com as APPs delimitadas, foram importadas as camadas de uso e ocupação do solo, já reclassificada e, em seguida, foi feito um recorte para cada período utilizando apenas o uso e ocupação dos solos nas áreas de APPS. Por último, foi realizado o cálculo de suas áreas por meio de planilha eletrônica.

² Polígonos criados para cada margem do riacho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia hidrográfica do Riacho Bujuizinho possui uma área de 27,87km². Sua nascente principal teve origem na área urbana, nas proximidades do bairro Parque do Sol, localizada a 13° 50'23.96'' S e 56°05'23.99'' O em uma área de elevação de 476 m. Com apenas um afluente, sua nascente está localizada a aproximadamente 1.600 m da área urbana com coordenadas geográficas de 13°47'59.87'' S e 56°05'43.02'' O e altitude de 438 m. Após percorrer aproximadamente 9 km, passando pela parte urbana e por áreas de agropecuária, deságua no Rio dos Patos que é um afluente do Rio Arinos, principal rio do município.

Por meio da análise temporal do espaço estudado, a partir das imagens de satélites do Mapbiomas, foi possível constatar cinco tipos de usos do solo divididos em: floresta, área não vegetada, agropecuária e hidrografia na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho para os períodos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, conforme Tabela 2, que evidencia o percentual das transformações, por classes, ocorridas no espaço, no decorrer dos períodos examinados e nos mapas 1,2 3, 4 e 5 que mostram a dinâmica do uso e ocupação na bacia hidrográfica.

Tabela 2. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho por classes nos anos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020

Área (%)	1985	1990	2000	2010	2020
Área vegetada	85,45	71,62	36,92	19,37	19,45
Agropecuária	7,76	19,15	42,40	42,97	32,72
Área urbanizada	6,72	9,23	20,67	37,61	47,74
Hidrografia	0,08	-	0,01	0,05	0,09

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

A distribuição das classes de uso e ocupação dos solos mostram que as áreas de expansão urbana estão em constante crescimento provocando uma maior impermeabilização dos solos, que estão sendo utilizados tanto para construção de moradias e comércios quanto para construção de ruas pavimentadas, como consequências, desse processo, nota-se uma redução nas áreas de florestas.

Conforme pode ser visto (disponível no mapa 1 em anexos), é apresentado que para o ano de 1985 a bacia hidrográfica permanecia bem conservada, com poucas áreas de substituição da vegetação para a agropecuária, perfazendo um total de 7,76%, e a área urbanizada possuía apenas 6,72%. Já as áreas de vegetação possuíam 85,45% de toda a área da bacia hidrográfica. É evidente uma área urbana, ainda inconsistente, por ter pouca construção.

Esse período marcou o início da implantação, definitiva, do projeto de pecuária criado pela Mutum Agropecuária (Plano Diretor, 2015). O projeto atraiu vários pequenos agricultores

contribuindo, assim, para o início da construção do Distrito de Nova Mutum em 1981 que pertencia ao município de Diamantino. Quando sua construção teve início, já existiam duas escolas e a subprefeitura que prestava atendimentos a mais dois distritos o de Tapurah e o de Lucas do Rio Verde.

Cabe destacar que a pequena área ocupada pela agropecuária está, em parte, muito próxima às margens do riacho e a área urbana se forma na porção mais inicial do seu curso próximo a sua principal nascente, o que revela que o projeto inicial de ocupação se deu a partir de suas margens.

Em 1990, houve um leve aumento na área urbana de 2,51% mais observado no sentido sul da bacia (disponível no mapa 2 em anexos), ocupando as áreas mais próximas à nascente principal. Já as áreas vegetadas tiveram uma redução de 13,83% e sua substituição cedeu lugar principalmente as áreas de agropecuária que teve um aumento de 11,39%.

Entre os anos de 1990 e 2000 a área urbana teve um acréscimo de 16,94% (disponível no mapa 3 em anexos). Esse período foi marcado pela urbanização. A migração que antes ocorria do rural para o rural atraídos pelos projetos de colonização impulsionados pelos governos militares entre 1970 -1980, passa a ocorrer do campo para a cidade. Migrações internas também passam a acontecer, principalmente, de sulistas e de outros municípios matogrossense (FRANZ, 2020).

O percentual da área vegetada declinou intensamente em relação ao período anterior, chegando a 34,7% em apenas dez anos, evidenciando que, além de ceder lugar às áreas urbanas, como já mencionado, também ocorreu para a implantação de novas áreas destinadas à agropecuária que teve ampliação de 23,25% em relação ao período anterior.

Vale destacar que, em 2010, a região do entorno da nascente principal se encontrava toda substituída por áreas urbanizadas ou de agropecuária (conforme pode ser visto no mapa 4 disponível em anexos). As áreas de cobertura vegetal apresentam-se de forma bem esparsa no decorrer do curso do riacho. No seu curso inicial, existem pequenas manchas de vegetação, enquanto o curso final, no sentido norte, permanece com suas margens esquerdas bem conservadas.

O percentual da área vegetada entre o período de 2000 e 2010 foi de 17,55% menor em relação ao período anterior. A agropecuária teve o menor crescimento de todo o período estudado, com um aumento de apenas 0,57%, enquanto a área urbanizada teve seu maior crescimento, ficando em torno de 16,94% a mais que a última década.

Nesse período de maior crescimento urbano a cidade já contava com uma economia bem diversificada, além da produção agrícola e de um frigorífico de suínos, novas empresas foram instaladas como, por exemplo, o frigorífico de aves que hoje é administrado pela BRF e uma indústria esmagadora de soja conhecida por Bunge alimentos (FRANZ, 2020). A instalação dessas novas empresas continuou atraindo migrantes de diferentes partes do país, o que contribuiu para o maior crescimento da área urbana.

De acordo com as informações disponíveis no mapa 5 (anexos), é possível perceber que entre os anos de 2010 e 2020, as áreas urbanizadas continuaram a crescer, com 10,13% a mais. O crescimento urbano continua substituindo a classe de floresta que, para o período, teve uma pequena redução de 0,08%. As áreas de agropecuária que se manteve em acréscimo nos períodos anteriores tiveram uma redução de 10,25%. Essa redução pode ser notada comparando o intervalo entre 2010 e 2020 (analisar nos mapas 4 e 5 disponíveis em anexo), no qual é possível perceber a

Para os próximos anos, a cidade seguirá com expressiva expansão urbana conforme mostrado na figura 1, abaixo.

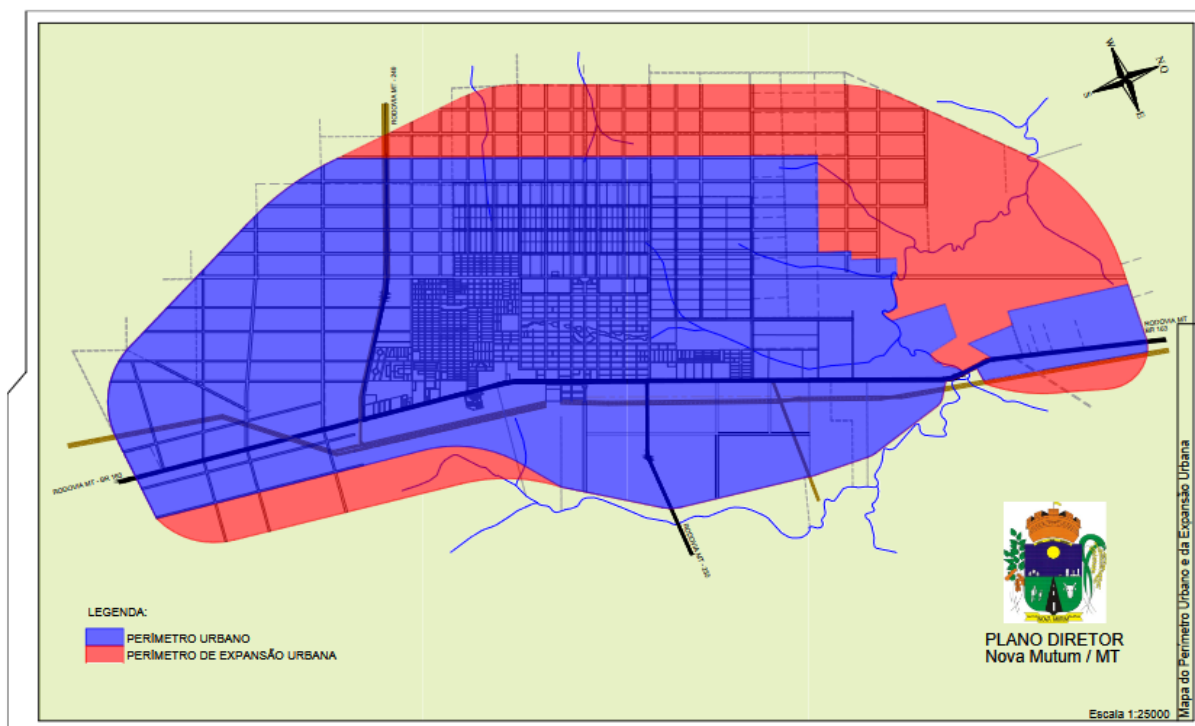


Figura 1. Proposta de expansão urbana da cidade de Nova Mutum
FONTE: Plano Diretor Nova Mutum (2021).

Nota-se que a área urbana expandirá por quase todo o curso do riacho, incluindo o seu afluente que hoje se encontra bem conservado. Pelo projeto de expansão terá a vegetação de

sua nascente e parte do seu curso será substituído pelas Zona Residencial 1 e Zona Residencial 2 (ZR1, área amarela e ZR2, área lilás), como pode ser observado na figura 2 abaixo. É possível observar que no trecho inicial do afluente será destinado uma área para um parque municipal. Essas alterações poderão levar ao seu desaparecimento a longo prazo comprometendo ainda mais o riacho Bujuzinho.

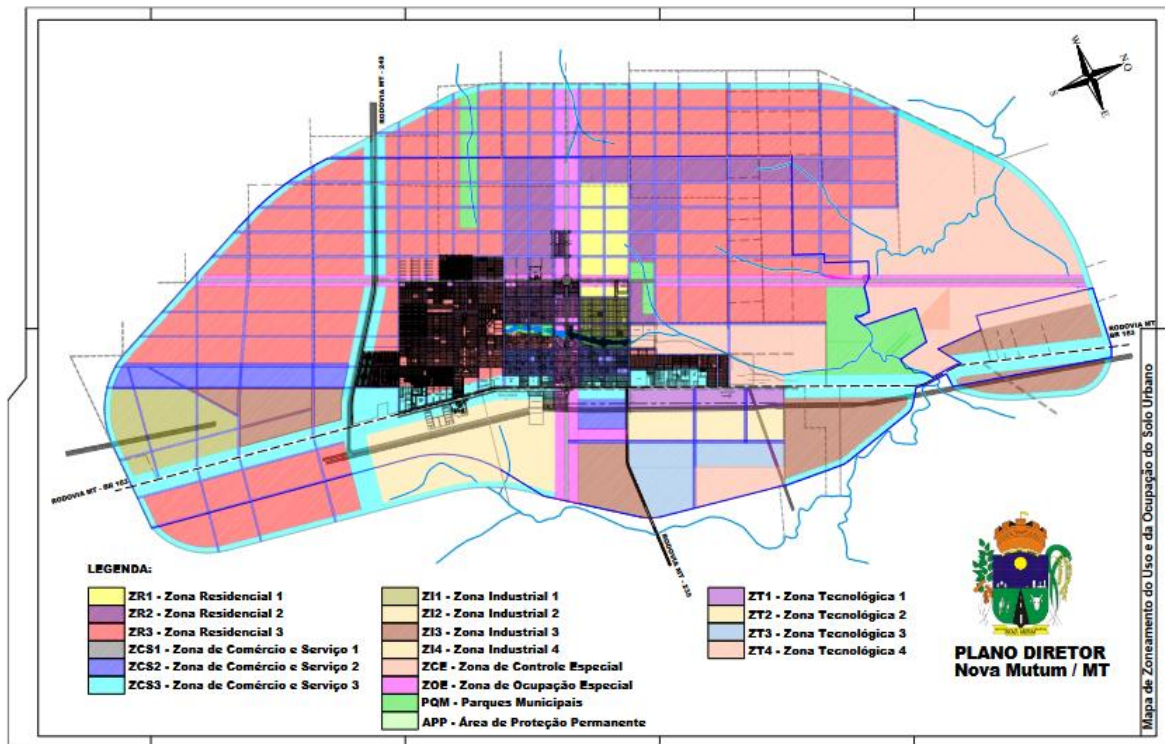


Figura 2. Proposta do uso e ocupação do solo na cidade de Nova Mutum
 FONTE: Plano Diretor (2021).

Figueiredo *et al.* (2019) afirmam que esse tipo de situação de desaparecimento e aterramento das nascentes segue um padrão global, atingindo principalmente os corpos d'água urbanos e com cursos menores.

A cobertura vegetal nas margens dos cursos d'água exercem funções de grande relevância para sua conservação e manutenção, principalmente nos córregos urbanos que já possuem características físicas-naturais com maiores alterações. Sua retirada para construções urbanas, quando não levam ao desaparecimento do curso d'água, podem gerar outros grandes impactos, como por exemplo, o assoreamento levando a um curso mais raso com o passar do tempo e problemas com inundações podem se tornar mais comuns, afirmam Alves e Medeiros (2016).

No Artigo 6º da Lei complementar nº 132, de 15 de julho de 2015, sobre o parcelamento do solo urbano, deixa bem claro que é proibido o parcelamento do solo urbano em fundos de vales e nascentes. Tratando-se das nascentes, nem mesmo as conhecidas como olhos d'água, indiferente da sua topografia, esse parcelamento poderá ocorrer. De acordo com a Lei os zoneamentos ZR1 e 2 precisam ser revistos para um replanejamento da expansão urbana.

3.1. ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A delimitação das APPs na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho foi realizada para os períodos de 1985, 1990, 2000, 2010 e 2020, e apresentaram relevantes transformações (Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

Conforme a Lei nº 12.651/2012, o riacho estudado enquadra-se na faixa 0 até 10 m de largura portanto a faixa mínima de APP precisa ser de 30 metros com exceção das áreas de nascentes que deverão permanecer com no mínimo 50 de metros de raio.

Assim como pode ser visto no mapa 6 em anexos, é notório que em 1985 a região ainda estava bem conservada, porém já existia em torno de 11,86% de APPs sem cobertura vegetal. O período foi marcado por um processo de crescimento da cidade bem lento, o que pode ter contribuído para uma maior conservação, mas à medida que a cidade foi sendo construída é importante que houvesse um planejamento adequado em relação à ocupação dessas áreas. É o que afirmam Silva e Silva (2016) em estudo realizado no município de Itaquí/RS, no qual ainda reforçam que há a necessidade de identificar e manter sempre atualizado o monitoramento dessas regiões a fim de verificar a interferência antrópica para que medidas cabíveis sejam implantadas.

Nota-se que as áreas que apresentam redução de vegetação nas APPs estão localizadas mais na porção central da bacia e na porção norte. Comparando as imagens registradas para análise, é possível perceber que são áreas ocupadas pela construção da cidade e a agropecuária, respectivamente.

Para o ano de 1990, as áreas de vegetação nas APPs tiveram um pequeno aumento de 0,71% em relação ao período anterior não apresentando redução (essa informação pode ser verificada no mapa 7 em anexos). Até o início de 1990, a cidade crescia em ritmo mais lento, porém a agropecuária avançava no interior da bacia hidrográfica, enquanto é possível observar que essa pequena redução ocorreu nas áreas próximas a nascente principal, já nas áreas no extremo norte do curso do riacho houve um aumento nas áreas sem cobertura vegetal.

Para o ano de 2000, as APPs no entorno da nascente principal e suas áreas próximas foram bem alteradas (isso pode ser averiguado no mapa 8 em anexos), o mesmo ocorreu em vários outros trechos do riacho, grande parte do curso do seu afluente também foi afetado. Houve um aumento de 48,92% de redução da vegetação em relação ao período anterior, a maior redução dessas áreas no intervalo de tempo analisado. Isso se deve ao maior nível de crescimento da cidade e de expansão da agropecuária na região.

Diante do que é evidenciado no mapa 9 (em anexos), é possível observar que, para o ano de 2010, essa alteração foi de 11,31% comparados a década anterior. O crescimento urbano permaneceu, porém, avançando para outras áreas um pouco mais distante das margens do riacho.

A expansão da agropecuária para áreas próximas aos corpos hídricos pode gerar grandes impactos principalmente se as APPs não estiverem dentro dos limites mínimos exigidos por lei, pois facilitam o transporte de partículas dos insumos agrícolas utilizadas para melhorar a produção. Essas partículas podem ser transportadas de formas e distâncias diferentes, podendo ser levadas a superfície imediatamente, após alguns dias ou até mesmo várias semanas depois podendo ocorrer o efeito cumulativo dessas substâncias (DELLAMATRICE *et al.*, 2014).

Denota-se que em algumas áreas as APPs foram totalmente substituídas pelo crescimento da cidade, notoriamente a nascente principal, e sua preservação é de fundamental importância pois além de ser responsável pela manutenção do ciclo hidrológico exerce função também na proteção contra a poluição de suas águas, Garcia *et al.* (2018).

O último período de análise foi marcado por um aumento nas áreas de vegetação de 8,56% (isso pode ser observado no mapa 10 em anexos), provavelmente por projetos de replantio de árvores em alguns trechos antropizados. A nascente principal e toda a parte mais no extremo norte da bacia permanecem sem vegetação e suas áreas de APPs foram substituídas pelo crescimento da cidade estando assim sem o quantitativo determinado por lei, o que acontece também em parte do seu curso localizado ao fundo do ginásio de esportes que possui uma quadra de tênis e um campo de futebol a menos de 30 m de sua margem esquerda.

O uso e a ocupação do solo foram marcados pela urbanização, pelo crescimento da cidade e pela expansão da agropecuária o que acabou suprimindo parte das áreas de APPs que detém função de vitalidade aos cursos d'água, conforme afirmam Almeida & Vieira (2014); pois, quando a APP mantém sua largura mínima estipulada para cada corpo d'água, ela contempla as funções indispensáveis para a preservação dos rios e suas nascentes, o que pode interferir na qualidade ambiental e até mesmo na qualidade de vida da população local.

Em 45 anos de ocupação na bacia analisada, já há evidências um percentual significativo de áreas com ausência de vegetação nas APPs e parte dessas áreas estão em desacordo com a legislação em relação aos seus limites, apresentando, assim, um comprometimento da manutenção da bacia. A figura 3 mostra que entre os anos de 1985 e 1990 a ausência da vegetação, ainda era bem pequena e que entre 1990 e 2000 houve um grande aumento passando de 11,15% para 54,13% em apenas dez anos, esse percentual aumentou em 11,31% no período entre 2000 e 2010 chegando 65,44% de áreas sem cobertura vegetal, porém em 2020 esse percentual reduziu para 56,88%, ou seja, houve uma reposição de 11,31% dessa vegetação.

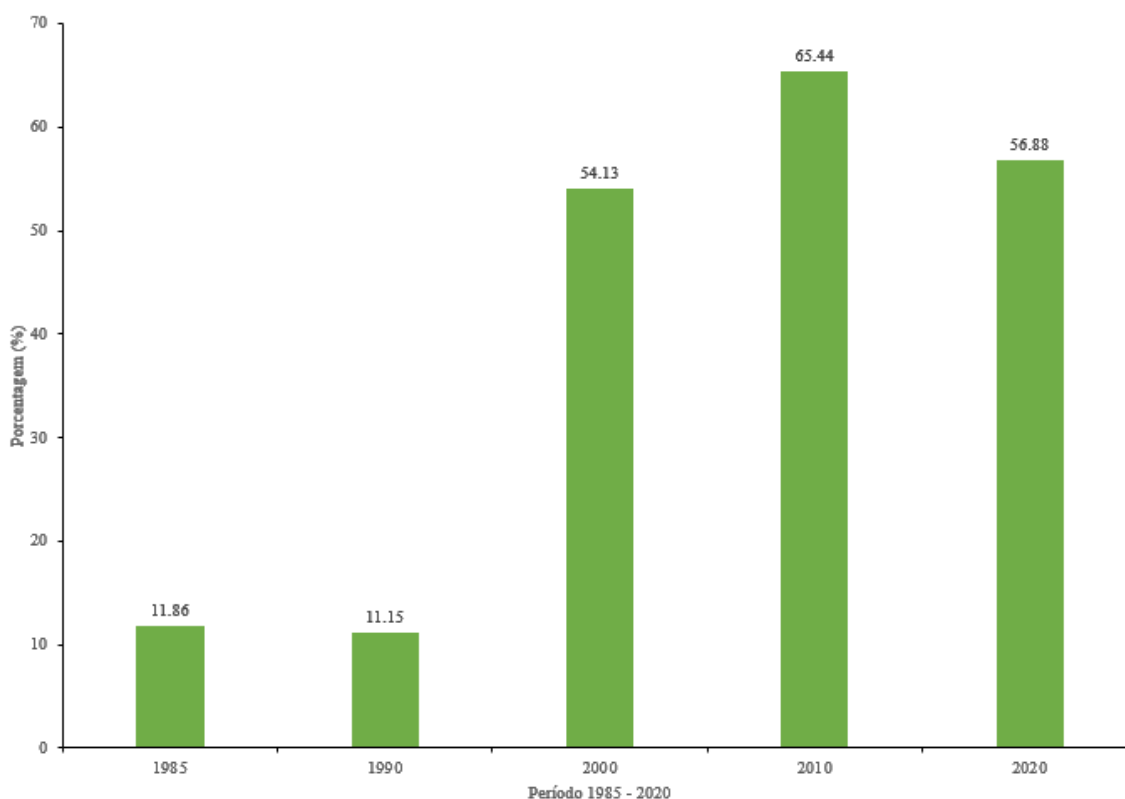


Figura 1. Ausência de vegetação nas áreas de APPs no Riacho Bujuizinho.
FONTE: Elaborada pela autora (2023).

4. CONCLUSÕES

Após a análise do uso e ocupação dos solos na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho, identificou-se que a principal forma de ocupação de uso e cobertura do solo é para a área urbana ocupando 47,74%, seguido pela agropecuária com 32,72%. As áreas de cobertura vegetal

representam apenas 19,45% do total da bacia e 0,09% de hidrografia. As APPs com cobertura vegetal correspondem a 43,12%.

De acordo com a Lei nº 12.651/2012, a maior porção das APPs estão com uso regular, mas a sua nascente principal já foi substituída pelo processo de construção da cidade, o mesmo ocorreu em uma distância de aproximadamente 1400 m a partir da nascente principal. Os dados apresentados mostram que a nascente do único afluente do riacho encontra-se bem conservada, mas que existem projetos de expansão urbana para suas áreas de APPs e, em grande parte de seu curso, repetindo a mesma situação ocorrida na nascente principal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. B.; MEDEIROS, F. S. de. Impactos ambientais e delimitação da área de preservação permanente do Rio Espinharas no trecho urbano de Patos-PB. *Redes*, v. 21, n. 2, p. 107-130, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/redes.v21i2.7248>.

BARCELLOS, V. Sete novas cidades de Mato Grosso. *Paisagem E Ambiente*, n. 34, p. 61-80, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i34p61-80>. Acesso em: 07 de maio de 2021.

CARIGNANI, G. *et al.* Nova cidade, velhos problemas: a BR 163 como elemento estruturador da formação da cidade de Nova Mutum-MT e seus desdobramentos na dispersão. *Anais XVIII ENANPUR 2019*, p. 1-17. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienganpur/anais>. Acesso em 09 de maio 2021.

CONAMA (2005). Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em - acessada em 01/04/2021.

CONEGLIAN, MILENA GUIRADO. Avaliação dos índices de qualidade da água de um manancial em área urbana. Dissertação - Engenharia Civil e Ambiental - FEB, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192919>.

CORNELLI, RENATA; SCHNEIDER, VANIA; BORTOLIN, TAISON; CEMIN, GISELE; SANTOS, GEISE. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. *Scientia cum Industria*, v. 4, p. 1-14, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233456>. Acesso em: 12 de maio 2021.

COSTA, BÁRBARA FERREIRA DALLA; ROCHE, KENNEDY FRANCIS. Toxicidade aguda em área urbana da microbacia do córrego Água Boa (MS). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 31-39, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020147956>.

COSTA, F. B.; FERREIRA, V. de O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba / Analysis of parameters that compose the water quality index (WQI) in the portion of the Minas Gerais State of the Paranaíba River Basin. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 7, n. 18, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/Observatorium/article/view/45830>. Acesso em: 10 nov. 2022.

DANELON, JEAN ROGER BOMBONATTO; RODRIGUES, SILVIO CARLOS. Elaboração de um índice de qualidade de água (IQA) para um ponto amostral da bacia hidrográfica do córrego do Glória, Uberlândia-MG.

DIAS, RAFAEL HENRIQUE SERAFIM *et al.* Influência do Uso e Ocupação do Solo no Escoamento Superficial na Cidade de Ji-Paraná-RO, Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 5, p. 1493-1508, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233456>.doi:<https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150083>.

FIGUEIREDO, R.R.D., SUBTIL, L.P., TASCA, B.F., NEVES, R. DE A., CAMPOS, P.A. DOS S., XAVIER, F.V. E SIQUEIRA, A.J.B. Expansão urbana e degradação de nascentes: identificando padrões espaço-temporais de um processo crônico em Cuiabá, MT. *MT. Nativa*, v. 7, n. 4, jul. 2019, p. 396–406. DOI:<https://doi.org/10.31413/nativa.v7i4.7051>.

GARCIA, JOICE MACHADO *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. *Sociedade & Natureza*, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>.

JULIE CATHERINE SIQUEIRA SANTANA; SILANE MATTOS PERES; PAULO ROBERTO DE AZEVEDO SOUZA; JOÃO PAULO SILVA DE SOUZA. OS IMPACTOS GERADOS NO MEIO AMBIENTE E NA SOCIEDADE PELA FALTA DE TRATAMENTO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NAS REGIÕES BRASILEIRAS. *Epitaya E-books*, v. 1, n. 12, p. 48-57, 2020. DOI: 10.47879/ed.ep.2020144p48. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/49>. Acesso em: 14 set. 2023.

JACOBOSKI, BRUNA KOPEZINSKI; FACHINETTO, JULIANA. Avaliação da qualidade da água do Arroio Matadouro, Ijuí, Rio Grande do Sul, por parâmetros físico-químicos e pelo teste de *Allium cepa*. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 27, n. 3, p. 489-497, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413->

LEITÃO, V. de S.; CUBA, R. M. F.; SANTOS, L. de P. S.; SANTOS NETO, A. S. (2015). Utilização do índice de qualidade de água (IQA) para monitoramento da qualidade de água em uma área de preservação ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 19(3), 794–803. DOI: 10.5902/2236117018330. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18330>. Acesso em: 11 nov. 2022.

MARTINHAGO, DENISE *et al.* (2021). Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(5), 965-970. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020374>. Epub 18 Out 2021.

NUNES, Arnon Batista; LEITE, Emerson Figueiredo. Geoprocessamento aplicado à determinação do uso e cobertura da Terra da bacia hidrográfica do Rio Areias. In: Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro de 2014. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p. 121-128.

OLIVEIRA, Levi Ferreira; Oliveira, Benone Otávio Souza de; Lima, Luan Barreto. (2018). Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá – AM. *REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS - RCA* (ISSN 1981-8858), 12(3), 25-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v12i3.3606>.

PAVANIN, Erich; CHUERUBIM, Maria. Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas em Uberlândia-MG. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 13, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i2.42460.

PESSOA, M. A. R. (2010). IQAFAL – Índice FUZZY de Qualidade de Água para Ambiente Lótico. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PINTO, NAUANA TEIXEIRA E MOREIRA, GILSELIA LEMOS. (2022). Expansão urbana e problemas ambientais: o caso do bairro Teotônio Vilela, Ilhéus, Bahia. *Geopauta*, 6. DOI: <https://doi.org/10.22481/rg.v6.e2022.e10067>. Epub 25 Jul 2022.

RIBEIRO, C. M. L.; GALLERANI, M. A. C. (2004). Industrialização, urbanização e recursos hídricos nas bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, de 1970 a 2001. *PosFAUUSP*, (16), 98-112. DOI: 10.11606/issn.2317-2762.v0i16p98-112. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43388>. Acesso em: 10 maio. 2021.

SANTOS, R. S. (2012). Fronteira agrícola, força de trabalho e o processo de urbanização em Mato Grosso. *Caminhos De Geografia*, 13(43). Recuperado de <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/17330>. Acesso em: 10 maio. 2021.

SILVA, JULIO CÉSAR FÉLIX DA; SANTOS, CLÉLIO CRISTIANO DOS. (2012). Problemática Ambiental dos Rios Urbanos: Vulnerabilidades e Riscos nas Margens do Riacho da Prata na Cidade de Lajedo-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5(3), 488-508. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232840>. Acesso em: 11 maio 2021.

SILVA, LUCIANA MARIA DA; SILVA, BETÂNIA QUEIROZ DA; SCHULER, CARLOS ALBERTO BORBA. (2018). Utilização de Cartas Imagem para caracterização do zoneamento urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(4), 1401-1415. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234366>. Acesso em: 10 maio 2021.

SOUZA, ALEXANDRE & REIS, THAINÁ & SÁ, ODILA. (2014). Comparação entre o índice de qualidade da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego Liso, município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 10. 10.17271/198008271022014886.

VOLOCHKO, DANILO. (2015). Terra, poder e capital em Nova Mutum-MT: Elementos para o debate da produção do espaço nas “cidades do agronegócio”. *V.17, n.35, p. 40-67*. ISSN: 1517 – 7793. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2015.v17i35>. Acesso em: 09 de maio 2021.

CAPÍTULO 2 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO

Fabiana dos santos Rocha
Tadeu Miranda de Queiroz

1. INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização e crescimento das cidades vêm corroborando para um agravamento na impermeabilização dos solos nas bacias hidrográficas em áreas urbanas e traz, ainda, como grave consequência, a contaminação das águas; podendo afetar a vida aquática ou até mesmo a saúde humana das populações a utilizam, seja para fins domésticos ou de recreação. Tal contaminação pode estar associada a detritos de efluentes domésticos ou industriais, escoamento de dejetos agrícolas e até mesmo urbanos.

Outro fator de contribuição para a degradação da qualidade das águas nos córregos urbanos está relacionado à retirada da cobertura vegetal natural para dar espaço as novas áreas urbanas que vão surgindo nas suas margens. Desprotegidos e com consideráveis deflúvios industriais, domésticos e urbanos que acabam sendo facilmente transportados, principalmente para as regiões dos córregos nas áreas de vales, acentuando sua contaminação. Conforme Pereira (2018), essas regiões de fundo de vales são as mais impactadas pela ação antrópica recebendo detritos sólidos e esgotos sem tratamento.

Várias cidades surgiram às margens dos rios e, com a grande demanda por espaço, como é o caso das novas cidades que vêm surgindo em áreas de expansão agrícola, faz com que aconteça uma intensa ocupação ocorrendo de maneira nem sempre planejada em direção aos corpos hídricos. Com os aglomerados, decorrentes desse processo, aumenta-se a demanda por água juntamente com sua degradação que ocorre por diversas ações antrópicas, inclusive a deterioração da qualidade da água (OLIVEIRA, 2018).

Nesse sentido, Lima (2018) afirma que, à medida que ocorre o crescimento das cidades, torna-se necessária a ampliação da infraestrutura urbana e para garantir essa expansão os corpos hídricos urbanos acabam sendo aterrados, as encostas modificadas e suas margens e áreas de vegetação natural vão sendo ocupadas.

O crescimento populacional em uma área urbana está diretamente ligado ao desenvolvimento da economia, que necessita da água para seu pleno desenvolvimento, seja para uso doméstico ou industrial, e para garantir o seu uso, torna-se necessário, a conservação desse

recurso, a fim de manter a qualidade de suas águas. Por isso, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é de fundamental importância.

A metodologia mais utilizada para o monitoramento é o Índice de Qualidade das Águas, criado nos Estados Unidos em 1970 e a partir de 1975 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB passou a utilizá-lo, e hoje é o principal índice utilizado no Brasil. O país possuía quase 23 mil estações em 2020 espalhadas pelas 12 regiões geográficas, pertencendo à Rede Hidrográfica Nacional – RHN e gerenciadas por diversas entidades. Cerca de 4.641 estações encontram-se sob gerência da ANA.

O IQA tem como objetivo avaliar se há, ou não, indicadores de contaminantes causados por dejetos domésticos, na água bruta, a fim de torná-la potável após tratamento. Essa avaliação é feita a partir de nove parâmetros: Oxigênio Dissolvido (OD), Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Sólidos Totais, e calculado o produtório ponderado desses parâmetros e os valores classificados em faixas, variando de acordo com o estado brasileiro, distribuídos em: Ótima, Boa, Razoável, Ruim e Péssima. (ANA,2005).

O Índice de Estado Trófico avalia a qualidade da água em relação aos nutrientes e ao rápido crescimento das algas. Seu cálculo é realizado a partir da Clorofila A e do Fosforo Total. Quando for realizada a partir do Fósforo Total (P), analisa-se o grau de trofia. Já para a Clorofila A (CL), será a resposta das águas ao nível de crescimento das algas.

Na cidade de Nova Mutum, ocorreu a ocupação no entorno do riacho Bujuzinho e esse processo de ocupação de suas margens continua em expansão e, com isso, alguns impactos já são visíveis como redução de cobertura vegetal, calçamento das margens em alguns trechos, erosões, alagamentos e inundações. (CETESB, 2021).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do riacho Bujuzinho por meio da análise dos parâmetros do Índice de Qualidade da Água – IQA e do Índice de Estado Trófico - IET, a fim de que os resultados possam contribuir para que haja um planejamento mais eficaz para a conservação de suas águas e para o equilíbrio da vida aquática.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Nova Mutum – MT, fazendo limites com os municípios de Nova Maringá, Lucas do Rio Verde, Sorriso, Santa Rita do Trivelato, Nobres, Diamantino e São José do Rio Claro. Nova Mutum possui uma área de 9.536,814 km², a aproximadamente 250 km distante da capital Cuiabá (IBGE 2022), com uma população de 55.648 mil habitantes (IBGE, 2022).

O Riacho Bujuizinho é um afluente do Rio dos Patos, que deságua no Rio Arinos que é um afluente do Rio Juruena, ambos pertencendo à Bacia Amazônica. O riacho está inserido, em sua totalidade, na região compreendida pelo Cerrado e seu curso transcorre por áreas urbana e rural, sendo que seu curso rural está localizado em regiões de agricultura intensiva. Suas águas são utilizadas para recreação, pesca e dessedentação de animais.

A bacia do Bujuizinho possui o clima tropical semiúmido com duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco, do tipo Aw segundo a classificação de Koppen. (Relatório Técnico Consolidado de Clima para o estado de Mato grosso 2000P). Situada na Chapada dos Parecis, suas altitudes variam entre 390m a 450 m entre o primeiro e o último ponto analisado.

2.1.1. Localização dos pontos de coleta de amostras de água

Para definição dos pontos de coleta, foram realizadas duas campanhas de campo para a delimitação, identificação e mapeamento das áreas e com o auxílio de imagens de satélites do *Google Earth*, destacando os pontos onde foram realizadas as análises visando entender em quais partes do curso hídrico ocorrem maiores impactos.

Foram delimitados oito pontos para realização das coletas enumerados como PC, P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7 conforme pode ser visto no mapa 11 (em anexos) e figura 4, a seguir. O PC é um trecho do único afluente do riacho Bujuizinho e será utilizado como ponto controle – PC para o comparativo do IQA entre os outros pontos.



Figura 4. Imagens dos pontos de coletas na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho, em Nova Mutum/MT.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

O curso do riacho no decorrer dos pontos de coleta possui características distintas, apresentando ambientes lênticos nos pontos 1, 2, 3 e 4 e lóticos nos pontos PC, 5, 6 e 7 (figura 5). A cobertura vegetal também apresenta características diferentes com áreas plantadas e mais ralas, vegetação natural mais densa e até mesmo ausência de cobertura vegetal em alguns trechos.

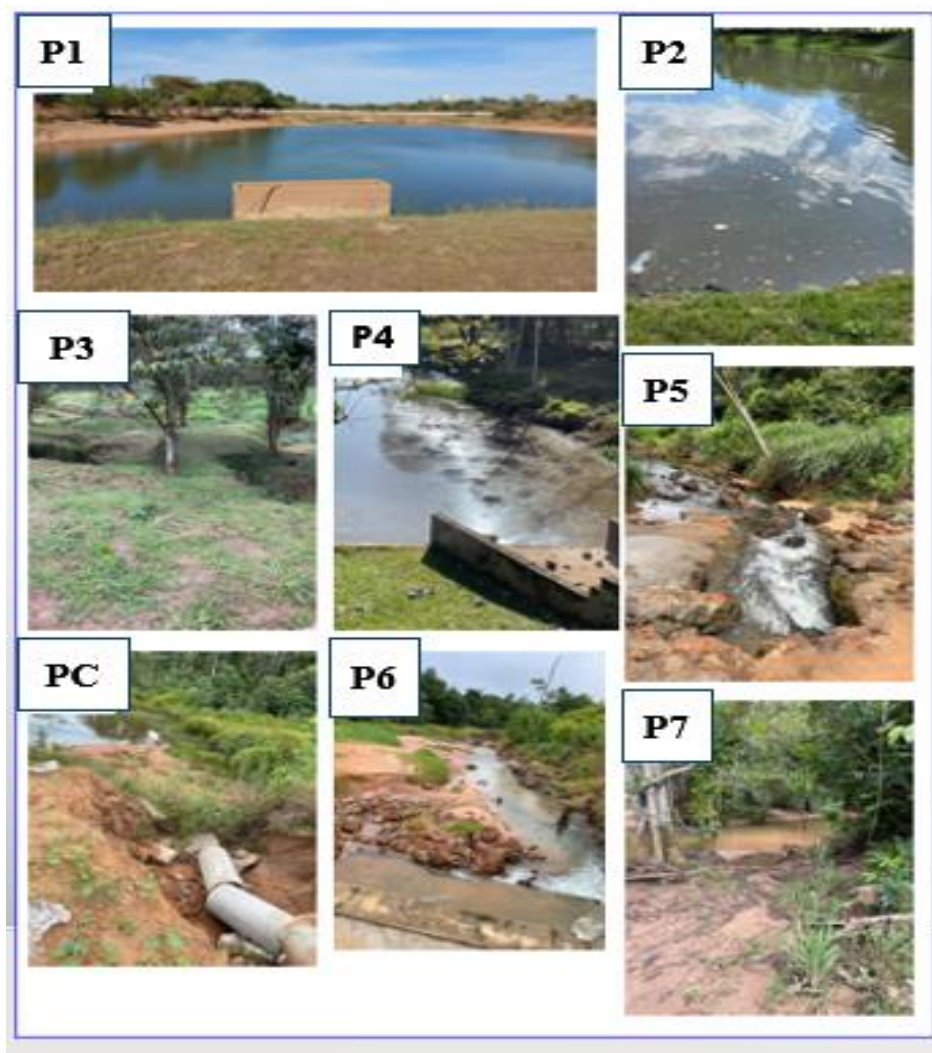


Figura 5. Vista parcial dos pontos analisados na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho, em Nova Mutum/MT.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P1 está localizado próximo da Av. Mutum – Centro, aos fundos do ginásio Lauro Immich. Por ser um lago, o ponto de coleta encontra-se próximo ao extravasor. Seu entorno apresenta pouca cobertura vegetal com alguns arbustos bem esparsos e, recentemente, está passando pelo processo de revitalização.

O P2 está localizado próximo a Av. Mutum – Centro, próximo à prefeitura municipal, conhecido como “Lago do Semeador”. Ocupa uma área toda revitalizada com calçamento próximo a suas margens e com alguns arbustos esparsos e gramas rasteira. É uma área de recreação e, portanto, de intensa visitação da população. O ponto de coleta fica próximo à entrada do lago.

Já o P3 está localizado próximo à Av. dos Beija flores – Centro, com pouca cobertura vegetal no ponto de coleta que fica próximo ao ponto de entrada de águas do P1 e P2. Por ser uma região que recebe um maior volume de águas pluviais nos períodos de cheias e pela falta da cobertura vegetal, suas margens encontram-se bem erodidas.

O P4 fica entre a Av. Araras e a rua das Seringueiras no bairro Jardim. É um trecho do riacho que apresenta uma maior cobertura vegetal, principalmente em sua margem esquerda. O ponto de coleta está localizado na entrada do lago.

No P5 inicia a parte lótica do riacho. Localizado entre as Av. das Arapongas e Araras no bairro Jardim 2, em uma região de reserva ambiental com vegetação mais densa. O ponto de coleta fica próximo à Av. das Garças e é um ambiente totalmente modificado, com blocos de pavimentação asfáltica que simulam uma pequena queda da água. É um local utilizado para abastecimento de caminhões-pipas dos órgãos públicos e privados.

O único afluente do riacho é onde está localizado o PC, próximo a Av. das Arapongas e possui características naturais bem preservadas com poucas áreas urbanizadas.

O P6, localizado próximo à rua dos Sabiás, no Residencial das Andorinhas, é uma área recente de expansão urbana e, no ponto de coleta, a cobertura vegetal é bem restrita. É o último trecho urbano do riacho.

O P7 fica às margens da BR-163. É uma região com bastante cobertura vegetal, mas com alterações antrópicas. No local, é realizada a extração de areia.

Para identificar a localização exata das áreas de análises e suas altitudes, foram utilizados o sistema de posicionamento global (GPS), conforme Tabela 3.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Ponto amostral	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (O)
Ponto PC	420	13°48'02''	56°04'55''
Ponto 1	450	13°49'7''	56°5'13''
Ponto 2	440	13°48'56''	56°5'12''
Ponto 3	450	13°48'56''	56°5'6''
Ponto 4	440	13°48'35''	56°4'54''
Ponto 5	430	13°48'26''	56°4'51''

Ponto 6	420	13°47'28''	56°4'21''
Ponto 7	390	13°46'33''	56°4'21''

FONTE: Elaborada pela autora (2023).

Os critérios de definição da localização de cada ponto foram escolhidos em decorrência da condição física e geográfica de cada ponto, sendo os pontos 1, 2, 3 e 4 selecionados por estarem localizados mais ao centro da cidade, serem ambientes lânticos, por possuírem uma maior circulação de veículos e pessoas e por ser a região que recebe diretamente a drenagem pluvial da área urbana. Já o ponto 5 foi devido ser o início do curso lótico do riacho. O próximo ponto foi definido como Ponto Controle – PC por ser o único afluente do riacho e por estar em uma área mais conservada, onde a expansão urbana está em seu processo inicial. O ponto 6 marca o final do trecho urbano já com início de seu curso rural e, apesar de sua margem esquerda não possuir mais vegetação, a expansão urbana está chegando aos poucos. Por fim, o ponto 7 foi considerado por ser o trecho essencialmente rural de fácil acesso e por estar localizado próximo às margens da BR-163 e de algumas indústrias.

2.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA NO RIACHO BUJUIZINHO

Para as coletas, foram realizadas 13 saídas a campo mensalmente, entre os dias 15 de agosto de 2021 e 23 de setembro de 2022. Para isso, foram executadas as análises das águas obedecendo as delimitações definidas na etapa anterior sempre, entre os dias 15 e 23 de cada mês durante o ano.

Nas quatro primeiras análises, respectivamente nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, coletas de amostras de água foram feitas sempre no início da manhã com temperaturas variando entre 26 e 30°C. Durante esse período, foram utilizadas garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) devidamente esterilizadas para o armazenamento das amostras e colocadas em caixa térmica refrigerada que, posteriormente, foram levadas até o Laboratório de Qualidade de Água – LaQuA da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Câmpus de Nova Mutum, para serem analisadas rapidamente.

Nos meses seguintes, as amostras foram analisadas no próprio local para os parâmetros PH, Temperatura, Turbidez e Oxigênio Dissolvido com a utilização da sonda multiparâmetro Horiba.

Para os meses de março e setembro de 2022, além da análise no local para os quatro parâmetros citados, também, foram recolhidas amostras de água em garrafas PET devidamente

esterilizadas e identificadas e, posteriormente, acondicionados em caixa térmica e levadas ao laboratório credenciado para as análises dos demais parâmetros do IQA, Coliformes Termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Nitrato, Sólidos Totais, e para o Índice de Estado Trófico-IET. O laboratório de análises atende aos padrões especificados na Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, para rios de água doce de Classe II.

2.2.1. Análise das amostras coletadas

A análise das quatro amostras coletadas foram executas no laboratório da UNEMAT no Câmpus de Nova Mutum logo após o recolhimento, sendo que as demais análise foram feitas a campo e ocorreram de acordo com os parâmetros do IQA que segundo Libânio (2010) que, além de analisar a qualidade da água, permite também entender os impactos de ações para preservação dos recursos hídricos. Portanto as amostras foram analisadas e discutidas individualmente para cada um dos nove parâmetros do IQA: o Oxigênio dissolvido (mg/L); Temperatura(°C); Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL); Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) e os Sólidos Totais (mg/L).

A partir da quinta análise, para o Oxigênio dissolvido (mg/L) da Temperatura(°C) do pH e da Turbidez (NTU), foram realizadas no local através do equipamento de multiparâmetro, a Sonda Horiba. A análise da Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L), os Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL) e os e os Sólidos Totais (mg/L), com a execução de apenas duas análises, sendo uma no período chuvoso no mês de março/2022, e, a outra, na estiagem em setembro/2022, por laboratório particular.

Para averiguar a qualidade da água nas amostras coletadas, foi utilizado o cálculo do IQA disponível na CETESB usando a Equação 1:

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

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

Qi = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que: em que:

n = número de variáveis que entram no cálculo do IQA

i = número do parâmetro, variando de 1 a 9 (n=9, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

Para classificar o IQA, utilizaram-se os dados disponibilizados pela CETESB para o estado de Mato Grosso, nos quais: para a categoria “Ótima” a ponderação será $91 < IQA \leq 100$; “Boa” $71 < IQA \leq 90$; “Regular” $51 < IQA \leq 70$; “Ruim” $26 < IQA \leq 50$ e “Péssima” $0 < IQA \leq 19$. Esses dados foram analisados de acordo com os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005, em que o córrego está classificado como classe 2 – que são as águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como: natação, esqui-aquático e mergulho; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e a aquicultura e a atividade de pesca.

As categorias e as ponderações foram analisadas conforme Tabela 4 (LAMPARELLI 2004).

Tabela 2 - Categorias e ponderações do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$91 < IQA \leq 100$
BOA	$71 < IQA \leq 90$
REGULAR	$51 < IQA \leq 70$
RUIM	$26 < IQA \leq 50$
PÉSSIMA	$0 < IQA \leq 25$

FONTE: Adaptado de Lamparelli (2004).

Realizou-se, também, o cálculo do IET – Índice de Estado Trófico, para o Fósforo (P), em apenas duas amostras, sendo uma realizada no período chuvoso e a outra a realizar na seca, a fim de avaliar a qualidade da água quanto a seus nutrientes. Conforme Queiroz *et al.* (2020), é necessário adicionar às amostras coletadas dez gotas de ácido sulfúrico 50% para conseguir neutralizar o efeito dos microrganismos responsáveis pela degradação do fósforo.

Para analisar o IET – Índice de Estado Trófico para o Fósforo para os pontos 1, 2, 3 e 4, que são ambientes lênticos, foi utilizada a equação: $IET (PT) = 10 \cdot (6 - (1,77 - 0,42 \cdot (\ln PT) / \ln 2))$ (Lamparelli 2004). Para à análise do IET para os pontos 5, 6, 7 e o PC, que são ambientes lóticos, foi utilizada a equação: $IET (PT) = 10 \cdot (6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln PT)) / \ln 2))$ (Lamparelli

2004). Em que, IET = Índice de Estado Trófico PT = Concentração de Fósforo Total medida à superfície da água, em $\mu\text{g. L}^{-1}$; IN = logaritmo natural.

As categorias e ponderações foram analisadas de acordo com parâmetros estipulados por Lamparelli (2004), conforme dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 3 - Categorias e ponderações do IET

Categoria	Ponderação
Hipereutrófico	$\text{IET} \leq 67$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Oligotrófico	$47 \text{ IET} \leq 52$
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$

FONTE: Adaptado de Lamparelli 2004

Os resultados foram apresentados em gráficos com os valores das amostragens efetuadas durante um ciclo hidrológico, entre setembro de 2021 e agosto de 2022. O cálculo do IQA foi feito por meio do produto ponderado a partir dos nove parâmetros utilizados obedecendo as orientações dispostas no Índice de Qualidade da Água.

2.2.2. Análises estatísticas

Os dados obtidos a partir das análises realizadas foram tabuladas em planilhas eletrônicas, já as análises estatísticas foram feitas em duas etapas, ambas utilizando o software BioEstat 5.3, conforme pode ser visto na figura 6.

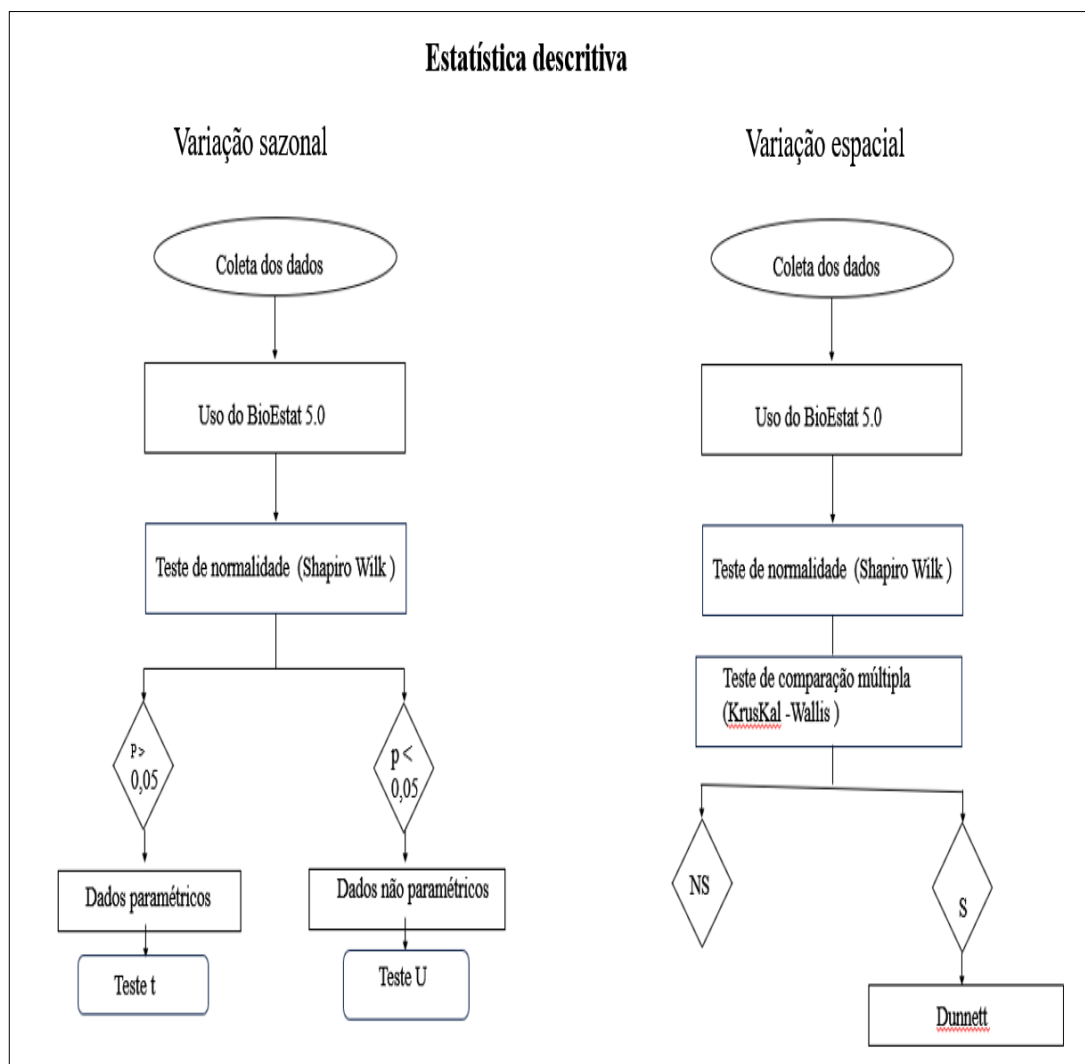


Figura 6. Fluxograma estatística descritiva.
 FONTE: Elaborada pela autora (2023).

Inicialmente, verificou-se a partir do teste de Shapiro – Wilk (1965) 95% de confiança, a fim de averiguar a normalidade dos dados nos oito pontos agrupados, durante os doze meses, separando os dados por períodos. Os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril, para o período chuvoso e maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, para o período de seca. Ademais, na segunda etapa para o teste de normalidade, os dados de seca e chuva, durante os doze meses, foram separados por pontos. Na primeira etapa, analisou-se a variação sazonal para verificar se houve diferenças entre os períodos chuvoso e de seca. Na segunda etapa, foi verificada a variação espacial.

Em seguida, foi utilizado o teste paramétrico t, para comparar as médias utilizadas, nos dados com distribuição normal. Já para os dados sem distribuição normal, aplicou-se o teste não paramétrico U (Mann-Whitney), a fim de comparar as medianas. Os testes foram aplicados

para compreender se houve ou não diferenças nos dados entre os períodos de seca e chuva e, assim, entender a influência dos dois períodos na qualidade da água.

Posteriormente, aplicou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis para verificar se houve, ou não, diferenças entre as variáveis analisadas; logo após, adotou-se o teste de comparação múltipla Dunnett para verificar quais foram as diferenças que ocorreram nas variáveis identificadas com diferenças significativas no teste anterior.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises dos parâmetros químico-físicos estão apresentados nas tabelas e figuras a seguir.

Os quatro primeiros pontos são ambientes lênticos (figura 4), formados por lagos que foram construídos com finalidades paisagísticas e estão localizados na porção mais ao centro da cidade. Observa-se ainda que são áreas com maior ausência de vegetação. Pelas imagens, é possível constatar que existe uma arborização no entorno desses pontos. No entanto, os quatro últimos pontos são ambientes lóticos e estão mais distantes do centro e é notório a mudança de vegetação em suas margens.

Na figura 5, nos P5, P6 e P7 é possível identificar a presença de mata ciliar às margens do riacho, de modo a contribuir com a preservação do recurso hídrico o que pode ser comprovado a partir dos resultados das análises.

3.1. VARIAÇÃO SAZONAL E ESPACIAL DAS QUATRO VARIÁVEIS ANALIZADAS NOS PERÍODOS DE SECA E CHUVA

Os resultados da média anual das doze análises para as variáveis pH, OD, Turbidez e Temperatura, agrupadas em períodos chuvoso e seco, estão apresentadas nos mapas 4, 5, 6 e 7 (disponíveis em anexos) e nas Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8, tendo como parâmetro a Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe II, onde: Temperatura - $<40^{\circ}\text{C}$; Oxigênio Dissolvido - $>5,0$; pH – entre 6,0 e 9,0 e Turbidez - $< 100,0$.

Foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro – Wilk com 95% de confiança a fim de verificar se houve ou não normalidade nos dados (Tabela 6).

Tabela 4 - Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Variáveis	Período	p -Valor	Estatística W	Resultado*
pH	Seca	0,8363	0,9832	P
	Chuva	0,4815	0,9731	P
OD	Seca	0,0239	0,9383	NP
	Chuva	0,0092	0,8588	NP
Turbidez	Seca	0,0058	0,5393	NP
	Chuva	0,0531	0,9474	P
Temperatura	Seca	0,0098	0,9107	NP
	Chuva	0,2907	0,2907	P

*P para Dados paramétricos e NP para dados Não Paramétricos.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Na Tabela 6, os resultados revelam que a variável pH, tanto no período de seca quanto de chuva, apresentou uma distribuição normal dos dados, cujos resultados para os períodos de seca e chuva foram $W=0,9832$; $p=0,8363$ e $w=0,9731$; $p=0,4815$, respectivamente. Por outro lado, para o oxigênio Dissolvido, tanto para o período da seca quanto para o período de chuva, os resultados foram $w=0,9383$; $p=0,0239$ e $w=0,8588$; $p=0,0092$, mostrando que não há uma distribuição normal entre as amostras analisadas. Para as variáveis turbidez e temperatura, ambas não apresentaram normalidade entre os dados no período da seca, já no período de chuva houve distribuição normal entre os dados.

Os testes de normalidade foram realizados para os resultados das análises dos oito pontos durante um ciclo hidrológico completo conforme pode ser visto na tabela 7.

Tabela 5 . Resultado do teste de normalidade de Shapiro-Wilk com 95% de confiança para o período de um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Variável	Estatística	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
pH	p-Valor	0.5169 ^P	0.1817 ^P	0.9571 ^P	0.0392 ^{NP}	0.3891 ^P	0.0947 ^P	0.0875 ^P	0.8057 ^P
	w	0.9443	0.8952	0.9802	0.8478	0.9264	0.8805	0.8770	0.9659
OD	p-Valor	0.1374 ^P	0.0720 ^P	0.3541 ^P	0.5172 ^P	0.0748 ^P	0.2931 ^P	0.0367 ^P	0.8349 ^P
	w	0.8886	0.8695	0.9211	0.9443	0.8709	0.9120	0.8452	0.9681
Turbidez	p-Valor	0.0408 ^{NP}	0.0077 ^{NP}	0.0087 ^N _P	0.0072 ^{NP}	0.0095 ^{NP}	0.0080 ^{NP}	0.0056 ^{NP}	0.04155 ^P
	w	0.8495	0.6195	0.6969	0.5798	0.7669	0.6408	0.4542	0.9303
Temperatura	p-valor	0.1370 ^P	0.0993 ^P	0.5694 ^P	0.3701 ^P	0.7314 ^P	0.3990 ^P	0.4935 ^P	0.7411 ^P
	w	0.8885	0.8827	0.9482	0.9235	0.9604	0.9278	0.9420	0.9611

*P para Dados paramétricos e NP para dados Não Paramétricos.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Para as variáveis pH, OD e temperatura, com exceção do pH no ponto 4, os dados apresentaram normalidade, tanto entre os pontos quanto entre os meses ao longo do ano. Já a variável turbidez, com exceção do ponto 7, não apresentou normalidade nem entre os pontos e nem entre os meses ao longo do ciclo hidrológico.

3.1.1. Potencial Hidrogeniônico – pH

Nos ambientes aquáticos, o pH pode influenciar a vida de muitas espécies e pode, também, de maneira indireta, influenciar na precipitação de alguns elementos tóxicos afetando a vida aquática. De acordo com a Resolução CONAMA, é necessário que o pH fique entre 6,0 e 9,0 para garantir a manutenção da vida. Todavia, Libânio (2010) sugere que esses valores fiquem entre 6,0 e 8,5 para garantir essa manutenção.

Para os valores do pH, no período da seca as médias ficaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação (figura 7). No período das chuvas, os pontos PC e P7 ficaram com médias inferiores ao estabelecido pela Resolução 357/05, o PC com média 5,85 e o P7 5,87. Leitão *et al.* (2015) constatou resultados parecidos no monitoramento da Qualidade da Água em uma região de preservação ambiental, em dois pontos com pH 5,53 e 5,85.

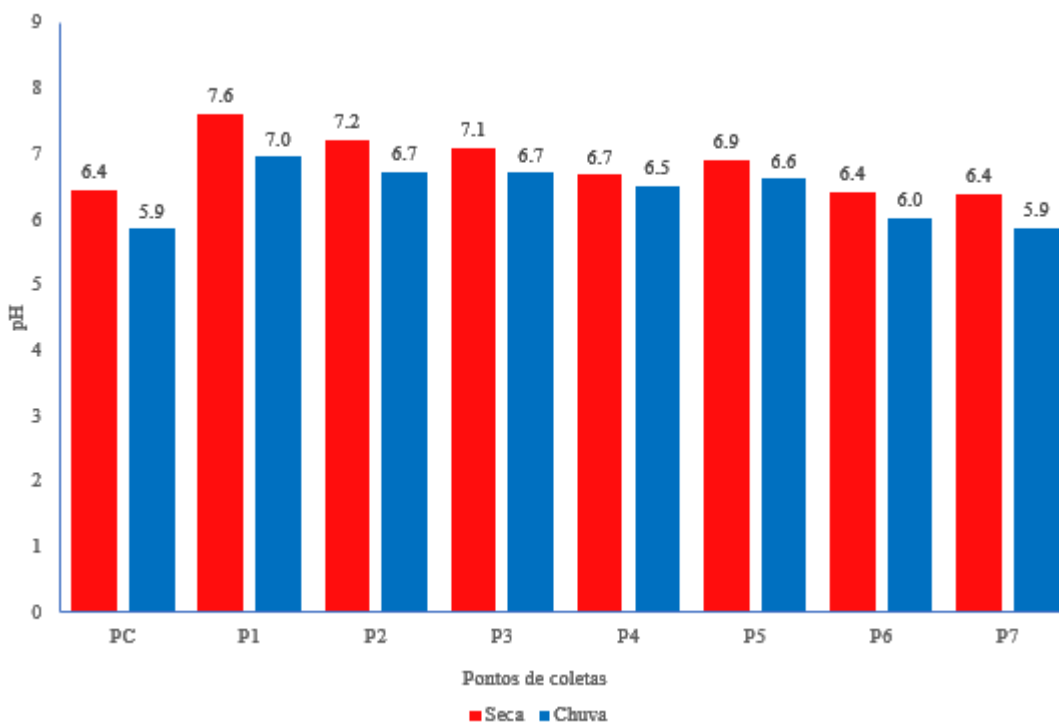


Figura 7. Média anual por período de seca e chuva para variável Potencial Hidrogeniônico – pH.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Os valores de pH apresentados na figura 7 mostra que, no período chuvoso, as águas se mantêm mais ácidas, o que também foi relatado por Buhler *et al.* (2013).

3.1.2. Temperatura

A temperatura é um importante indicador de lançamentos de efluentes, quando esses são expostos a altas temperaturas geram impactos significativos nos corpos hídricos. O aumento das temperaturas causa uma alteração na taxa metabólica dos peixes, o que pode gerar um gasto calórico muito maior e, conseqüentemente, o aumento no uso de oxigênio, deixando as espécies mais suscetíveis aos poluentes. Quando essa mudança ocorre para uma ocorrência menor, os

peixes podem sofrer quadros hemorrágicos e uma diminuição do muco protetor da pele, deixando-os mais fragilizados aos ataques de parasitas acarretando sua morte. Qualquer variação brusca de temperatura de 3°C a 4°C durante o mesmo dia, poderá levar a morte de peixes (CETESB, 2023).

Fantin *et al.* (2010) afirma que as temperaturas mais elevadas causam um empobrecimento na concentração de oxigênio, acelerando o processo de decomposição da matéria orgânica. Estudos têm mostrado que essas alterações podem levar a mudanças de comportamentos dos peixes como, por exemplo, a migração.

É importante relatar que, no decorrer do dia e dos diferentes períodos do ano, como na seca e na chuva, ocorrem uma variação natural da temperatura. A radiação solar exerce grande influência na temperatura das águas tanto nos períodos de chuvas e seca, quanto na variação entre dia e noite. Nessa perspectiva, a temperatura tende a ser maior nos períodos de chuvas e durante os dias, pois a refletividade dos raios solares é maior. Marinho (2016) comprovou essa afirmação em uma análise realizada nos rios Negro e Solimões em 2010, onde as maiores temperaturas foram registradas no período chuvoso e durante o dia.

Na Figura 20 observa-se que as médias obtidas ficaram entre 24°C e 28.17°C, portanto dentro dos limites estabelecidos pela resolução, < 40°C. As temperaturas médias durante o período da seca se mantiveram entre 25°C e 26°C em quase todos os pontos. Já para o período chuvoso as médias oscilaram entre 26°C e 28°C.

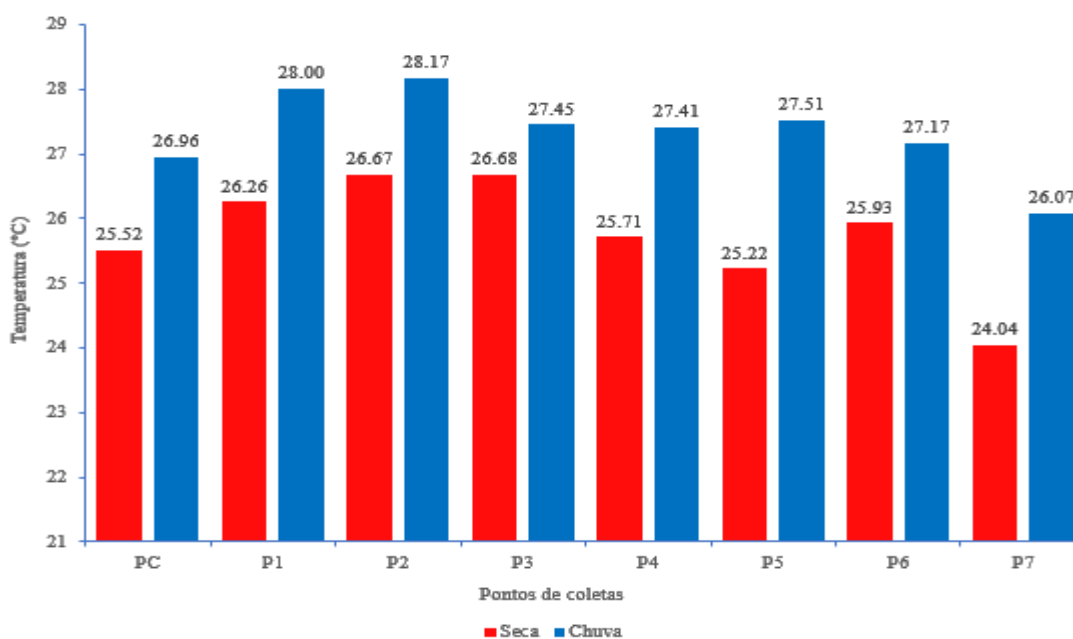


Figura 8. Média anual por período de seca e chuva para variável Temperatura.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P7 foi o que teve a menor temperatura, tanto no período de seca (com 24,04°C), quanto no período chuvoso (com 26,07°C), o que pode ser explicado pela sua localização geográfica, estando mais distante da área urbana e por possuir suas margens mais preservadas com manutenção de sua vegetação nativa. É possível notar uma tendência de aumento nos pontos mais próximos a montante e uma redução maior nos pontos mais a jusante.

A fim de comparar os dados entre seca e chuva, após o teste de normalidade foi aplicado os testes t para as variáveis que apresentaram normalidade e o teste U para as que não apresentaram (Tabela 8).

Tabela 6 . Resultados dos testes t ou U, com 95% de confiança para os períodos de seca e chuva na bacia hidrográfica do riacho Bujuzinho

Variável	Período	Média/ Mediana	DVP	DVI	p-Valor	Estatística	Parâmetros (357/05) Classe II
pH	Seca ^P	6.84	0.78	0.87	0.0093 ^S	t=2,6523	6,0 – 9,0
	Chuva ^P	6.40	0.82	1.03			
OD (mg/L)	Seca ^{NP}	6.92	1.97	3.07	0.2183 ^{NS}	U= 984.00	> 5,0 mg/L
	Chuva ^{NP}	6.47	1.75	3.37			
Turbidez (NTU)	Seca ^{NP}	17.60	56.56	34.80	0.2545 ^{NS}	U= 996.50	<100
	Chuva ^P	14.25	7.83	11.67			
Temperatura	Seca ^{NP}	25.58	1.66	1.29	<0.0001 ^S	U= 449.50	<40° C
	Chuva ^P	27.07	1.18	1.53			

^{NS} Não Significativo com 95% de confiança.

* Médias/Mediana seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelos testes t ou U, com 95% de confiança.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Na comparação entre os períodos de seca e cheia, o teste t para o pH e o teste U para a temperatura, ambos com 95% de confiança, não apresentaram diferenças significativas (t=2,6523; p=0,0093 e U=449,50; p<0,0001), respectivamente, ou seja, as chuvas não influenciam no pH e na temperatura das águas do riacho Bujuzinho.

Já as variáveis OD e turbidez são influenciadas pelos dois períodos, pois de acordo com o teste estatístico aplicado, o OD e a turbidez apresentaram diferenças significativas entre seca e chuva (U=984,00; p=0,2183 e U=996,50; p=0,2545), respectivamente.

3.1.3. Oxigênio Dissolvido -OD

Os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/05 para o Oxigênio Dissolvido é de >5,0 mg/l, mas os limites de tolerância para a vida aquática variam de acordo com cada espécie.

As médias para o período de seca variaram entre 5,22 e 8,27 (figura 9). O ponto com o menor valor foi o P3 com 5,22, mantendo-se dentro do limite permitido, tal valor pode ser justificado por estar mais localizado ao centro da cidade, por receber a drenagem das águas do P1 e P2 e por ter suas margens com alteração antrópica. O P7 foi o ponto de maior média nesse período com 8,27. Por outro lado, no período chuvoso o P4 teve a menor média 5,49 e o P7 se manteve com a maior média 8,07.

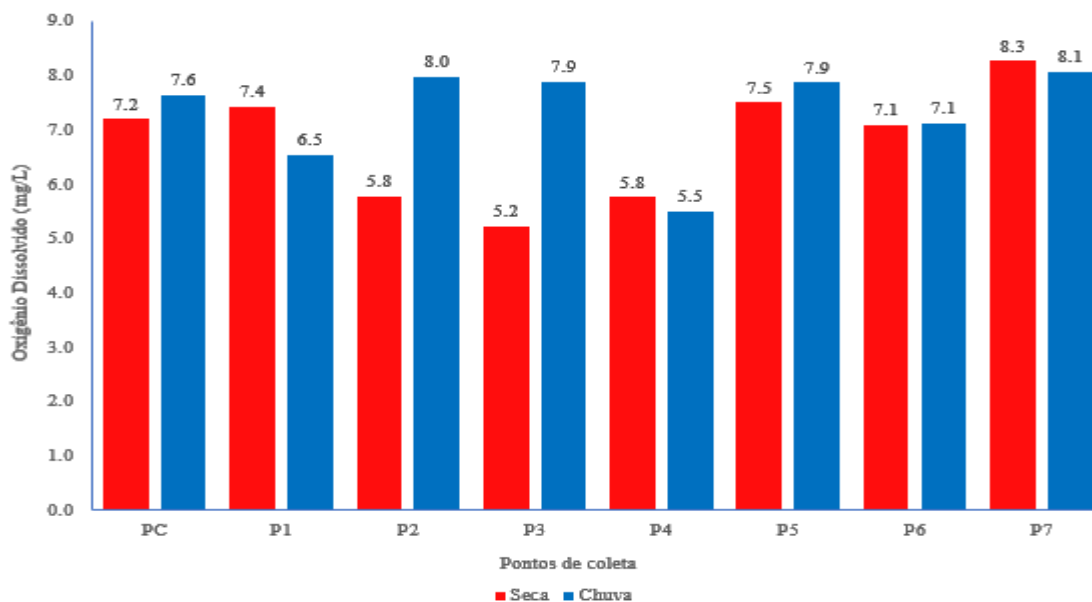


Figura 9. Média anual por período de seca e chuva para variável Oxigênio Dissolvido.

FONTE Elaborado pela autora (2023).

Oliveira *et al.* (2018), em estudo realizado em três córregos na zona urbana de Humaitá – AM, encontraram valores parecidos para o período da seca, nos quais em um dos córregos o OD ficara entre 5,7 e 5,9. Para o período chuvoso, médias parecidas foram encontradas por Rabelo *et al.* (2015), nos córregos urbanos de Presidente Prudente, variando entre 6,92 e 8,40.

Conforme Nozaki *et al.* (2014), no período das chuvas, o Oxigênio Dissolvido nos rios urbanos analisados, também foram maiores que no período de seca, o que pode ser justificado pelo aumento na agitação das águas causadas pelas chuvas e pelas temperaturas que normalmente são mais elevadas nesse período.

Valores menores na seca foram observados por Bleich *et al.* (2008) em um ecossistema lótico no Cerrado de Mato Grosso e por Araújo *et al.* (2017) na região semiárida no Norte da Bahia.

As médias obtidas foram satisfatórias comparando-as com os valores limites da Resolução 357/2005 do CONAMA, mas sugere que, no período de seca nos pontos P2, P3 e

P4, que as médias ficaram menores, possam ter alguma decomposição de matéria orgânica resultante, possivelmente, do lançamento de efluentes, pois nesse período ocorreram mortes de peixes conforme mostrado na Figura 22. Oliveira *et al.* (2008), em análise nos riachos da microbacia do Rio São Francisco Verdadeiro, encontraram essa redução na seca devido a menor diluição dos poluentes, pois nesse período o volume de água reduz muito, o que também acontece nos P2, P3 e P4 que são ambientes lênticos.



Figura 10. Morte de peixes no período da seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

As reduções no Oxigênio Dissolvido podem levar a alterações severas nos ambientes aquáticos, se esses estiverem recebendo maiores quantidades de matéria orgânica, como por exemplo, lançamentos de esgotos domésticos, visto que, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica, maiores serão as taxas de respiração dos microrganismos, aumentando, assim, os níveis de Dióxido de Carbono e Metano reduzindo o OD e, consecutivamente, diminuindo as condições adequadas para a respiração dos microrganismos aquáticos e dos peixes. (FIORUCCI e FILHO, 2005).

3.1.4. Turbidez

A turbidez, por ser uma medida da quantidade de partículas suspensas na água – como: sedimentos, argila, matéria orgânica e outros detritos –, é facilmente afetada pelas variações sazonais, provocadas pela quantidade de precipitação e disponibilidade de água, ela mostra a intensidade de redução sofrida por um feixe de luz quando atravessa a água, o que é causado pelos materiais sólidos em suspensão como, por exemplo, a argila e a areia entre outros.

Na figura 11, é possível observar que a Turbidez se manteve com médias de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 nos dois períodos em quase todos os pontos, somente o P1 na seca não se enquadrava nos limites da Resolução, apresentando média de 133,55, sugerindo um comprometimento na preservação dos organismos aquáticos podendo ter como causas possíveis fontes de poluição. Oliveira *et al.* (2018) monitoraram valores entre cem e duzentos NTU, o que foi justificado, possivelmente, pela baixa vazão no período da seca. Rabelo *et al.* (2015) registraram valores elevados de Turbidez no período de chuvas, justificando-se pela combinação do despejo de efluentes de indústrias e o maior volume de água. Silva *et al.* (2008) e Barros *et al.* (2011) também encontraram maiores concentrações de turbidez no período da seca, que foram associadas aos tamanhos e origens das partículas e ao despejo de efluentes domésticos e de oficinas presentes próximas ao local de análise.

Situação parecida pode estar ocorrendo no riacho Bujuizinho, de acordo com a figura 11, apenas os PC e P7 tiveram maiores índices no período chuvoso, que são os pontos mais distantes do centro da cidade. Os demais, apresentaram valores maiores na seca e possíveis efluentes domésticos podem estar contribuindo para esses resultados.

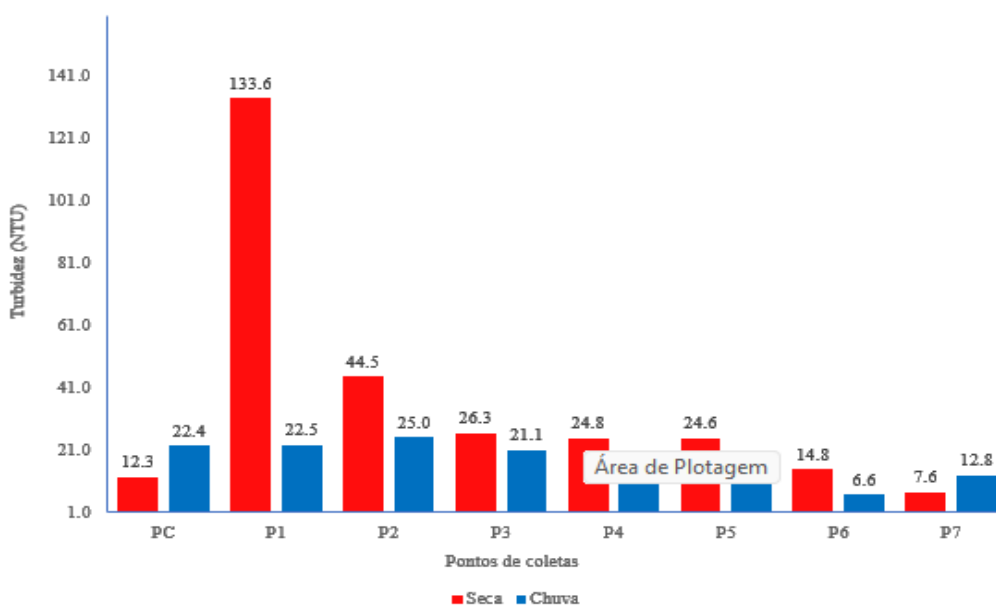


Figura 11. Média anual por período de seca e chuva para variável Turbidez.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

De acordo com a análise do teste de comparação múltipla Kruskal-Wallis, na Tabela 9, pode-se observar que existe diferenças significativas entre as medianas das variáveis turbidez, OD e pH.

Tabela 7 . Resultado do teste de comparação múltipla dos dados pelo teste de Kruskal -Wallis, com 95% de confiança

Variável	p-Valor	H
pH	0.0016	231.119
OD	0.0238	161.430
Turbidez	<0.0001	499.910
Temperatura	0.0163	2.6276

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

Com relação ao OD, que é um fator limitante da vida aquática, baixos níveis podem indicar problemas de poluição por despejos de esgotos sem prévio tratamento e com elevadas cargas de nutrientes, levando a proliferação de algas que, na decomposição, consomem grande parte do oxigênio disponível, levando a mortandade de peixes e outros seres aquáticos.

Assim, os resultados mostram variações significativas nas características das águas avaliadas ao longo do riacho, cujas informações podem ser úteis para identificar possíveis fontes de poluição, que estão alterando a qualidade da água, além de entender melhor a saúde do ecossistema fluvial e guiar ações de monitoramento e gestão para melhorar a qualidade da água e proteger a vida no ambiente aquático.

Para o teste de comparação Dunnett (Tabela 10), pode-se observar que, para as variáveis OD e temperatura, não houve diferenças significativas em nenhum dos oito pontos quando comparados com o ponto controle. Para a variável turbidez, houve diferença significativa apenas no ponto 1 e para o pH nos P1 e P2.

Tabela 8 . Resultado do teste de comparação Dunnett com 95 % de confiança durante um ano na bacia hidrográfica do riacho Bujuizinho

Pontos	Variáveis			
	OD	Turbidez	Temperatura	PH
PC	7.42	17.32	26.23	6.14
P1	6.98 ^{ns}	78.01 ^s	27.12 ^{ns}	7.28 ^s
P2	6.87 ^{ns}	34.72 ^{ns}	27.41 ^{ns}	6.97 ^s
P3	6.54 ^{ns}	23.70 ^{ns}	27.06 ^{ns}	6.89 ^{ns}
P4	5.62 ^{ns}	19.18 ^{ns}	26.55 ^{ns}	6.59 ^{ns}
P5	7.68 ^{ns}	18.10 ^{ns}	26.36 ^{ns}	6.75 ^{ns}
P6	7.11 ^{ns}	10.69 ^{ns}	26.54 ^{ns}	6.22 ^{ns}
P7	8.16 ^{ns}	10.18 ^{ns}	25.05 ^{ns}	6.12 ^{ns}

^{ns} Não significativo; ^s significativo para p-Valor < 0,05.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Com relação ao resultado do pH nos pontos 1 e 2, observa-se que são alterados para valores mais alcalinos, sugerindo a existência de algum fator externo como despejo de efluentes industriais com cargas alcalinas ou de produtos químicos, no riacho. Dessa forma, é importante destacar que um aumento significativo do pH de um rio pode trazer impactos ambientais e para a vida dos seres aquáticos, pois pode prejudicar a sobrevivência de organismos aquáticos que são mais sensíveis, alterar a disponibilidade de nutrientes afetando de forma geral a saúde desse ambiente.

3.1.5. Índice de Qualidade da Água – IQA

Os resultados obtidos para o IQA nos períodos chuvoso e seco estão apresentados nas figuras 12 e 13.

Como pode ser observado na Figura 12, os menores resultados para o IQA no período chuvoso ocorreram nos pontos PC, P1, P2, P3, P4 e P5, ficando todos na categoria Regular entre $51 \leq 70$, sendo que o ponto com o menor índice foi o P2.

No período chuvoso, nota-se que o IQA variou entre “Regular” e “Boa”, comportamento semelhante ocorreu em estudo realizado por Santos *et al.* (2020), no Ribeirão Espírito Santo – MG, onde obteve os melhores resultados nos meses de maiores volumes de chuvas, o que foi justificado pela diluição dos poluentes que foram carregados durante os meses mais secos. Isso foi relatado por Nunes *et al.* (2017), que também obteve melhores resultados para o IQA neste mesmo período em seu estudo realizado nas águas do Manancial de abastecimento do município de Ji-Paraná – RO.

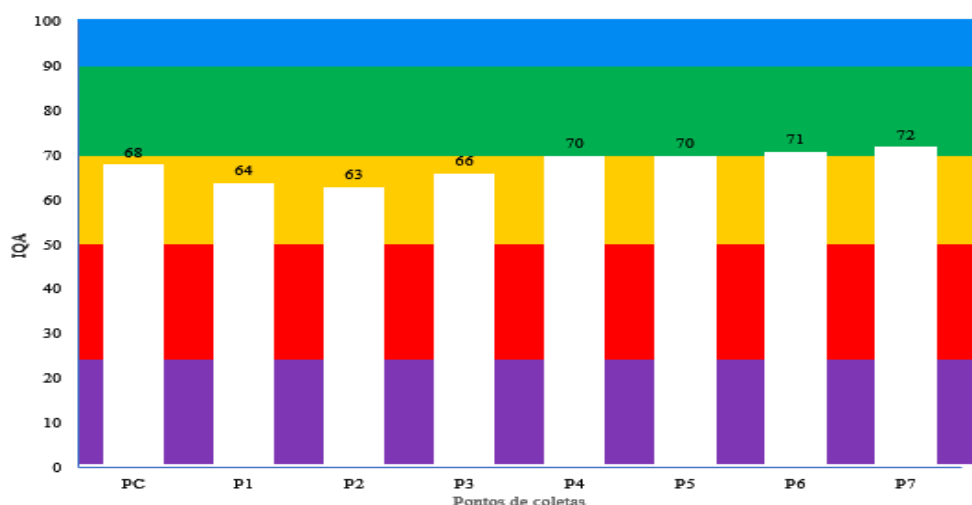


Figura 12. IQA calculado para o período chuvoso.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Os P6 e P7 ficaram na categoria “Boa” de $71 \leq 90$, esses são os pontos mais afastados do centro da cidade com seu curso já em área rural com maior preservação de suas margens.

Nota-se que, para esse período, os pontos analisados não obtiveram índices inferiores ao limite aceitável < 50 ; porém, nenhum dos pontos apresentaram IQA ótimo que varia entre $91 \leq 100$. A ausência desses valores podem estar associados com o tipo de uso do solos, no entorno da bacia, onde pode ser constatado no mapa 3 (disponível em anexos) que existe uma alteração antrópica no local com grandes áreas de construção e expansão urbana. Também, verifica-se áreas de agricultura intensiva muito próximas ao curso do riacho.

De modo geral, os resultados apontaram para um IQA regular mesmo no período das chuvas que esses índices tendem a ser maiores, o que pode indicar que efluentes urbanos estejam sendo carregados para o riacho, já que a cidade não possui coleta e nem tratamento de esgoto, o que é responsabilidade de cada habitação fazendo seu descarte, em fossas sépticas, com maiores probabilidades, de despejo clandestino, desses efluentes no riacho.

Esses resultados mostram a importância do monitoramento da qualidade da água e principalmente da implantação de uma rede de coleta e tratamento de esgoto juntamente com projetos, visando a educação ambiental que oriente a população sobre a necessidade de conservação das águas.

Para um melhor entendimento dos resultados do Índice de Qualidade das Águas, é importante que eles sejam correlacionados com os parâmetros individuais analisados, pois o índice pode esconder algumas informações relacionadas aos parâmetros (LIMA *et al.*, 2012).

Na Tabela 11, apresentam-se os dados analisados para as concentrações das nove variáveis do IQA.

Tabela 9 . Concentrações das variáveis do IQA para o período chuvoso

Variáveis	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Parâmetro
Coliformes termotolerantes	410	510	880	380	440	550	720	250	≤ 1000
DBO	$< 1,76$	7,00	6,10	5,90	2,50	2,13	$< 1,76$	2,07	≤ 5
Fósforo total	$< 0,06$	0,45	0,35	0,30	0,10	0,07	$< 0,06$	0,06	$\leq 0,1$
Nitrato	0,08	0,59	0,70	0,64	0,35	0,21	0,26	0,29	≤ 10
Sólidos totais	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	$< 36,3$	-
Temperatura	27,77	29,33	29,67	28,71	28,62	28,77	28,15	28,15	$< 40^\circ \text{C}$
Potencial hidrogeniônico	5,92	8,44	7,65	7,42	7,25	7,44	6,57	6,22	6,0 – 9,0

Turbidez	31,0	27,50	27,70	25,20	13,20	11,60	7,20	13,00	<100
Oxigênio dissolvido	8,08	8,24	9,28	9,69	5,37	10,07	6,09	9,26	>5,0 mg/L

Valores em vermelho estão em desacordo com a legislação.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Analisando as variáveis individualmente, nota-se que os valores para a DBO e o Fósforo total ficaram acima do limite permitido pela legislação nos pontos 1, 2 e 3, já no PC o pH ficou abaixo do limite. Comparando com o IQA, é notório que os pontos que apresentaram valores em desacordo com a Resolução para pelo menos uma das variáveis são os pontos com menores valores do IQA.

Para o período da seca, os pontos P1 e P2 foram os que apresentaram os piores índices, 30 e 47, respectivamente; sendo que, no período anterior, ficaram com IQA Regular e na seca regrediu para a categoria “Ruim” entre $26 \leq 50$ (figura 13). Santos *et al.* (2020) também observaram essa redução, para o período, em quatro dos pontos analisados onde variou entre “Boa”, “Regular” e “Ruim”. Esse comportamento também fora registrado por Leitão *et al.* (2015), onde os menores valores registraram-se no final da estiagem. Oliveira *et al.* (2018) tiveram a mesma constatação, com os piores índices nesse período.

Já os pontos PC, P3 e P4 não tiveram alterações em relação ao período chuvoso se mantendo assim como regular.

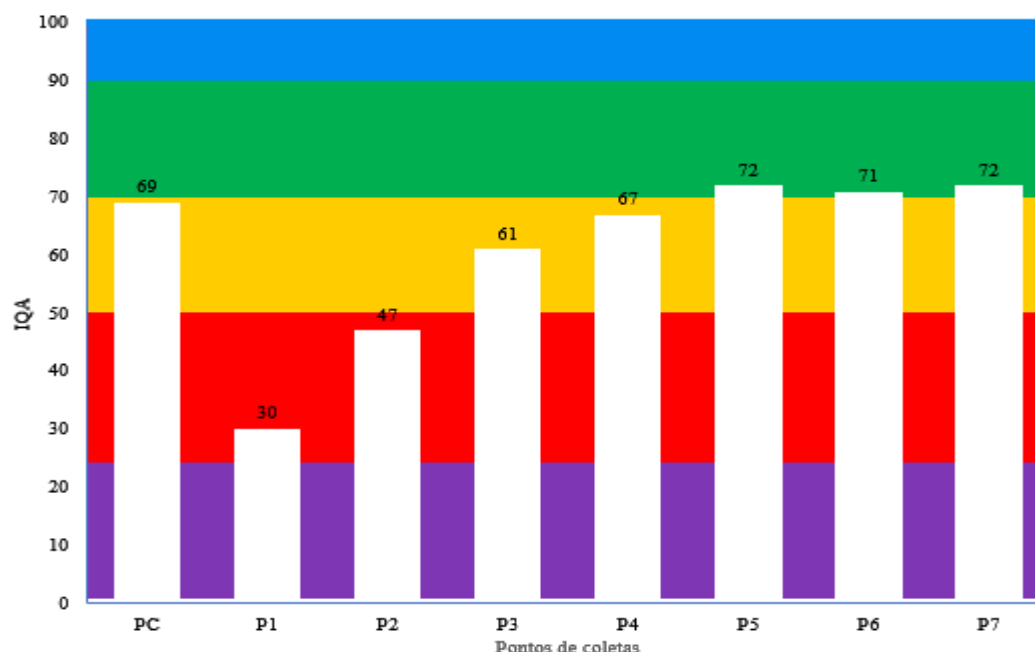


Figura 13. IQA calculado para o período de seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023).

O P5 apresentou melhora na qualidade da água em relação ao período chuvoso que antes era “Regular” e na seca passou para “Boa”. Já os P6 e P7 mantiveram a qualidade da água apresentada no período chuvoso.

Nos dois períodos analisados, nota-se que maior parte dos pontos os valores para o IQA identificaram uma qualidade da água “Regular”, apenas dois pontos no período chuvoso e três na seca, obtiveram uma boa qualidade das águas. Sendo assim, dois pontos na seca ficaram classificados com IQA “Ruim”, os P1 e P2, que se mantiveram com os menores índices em ambos os períodos monitorados.

Em relação às análises individuais das variáveis, o P1 e o P2 que apresentaram IQA abaixo da média permitida, observa-se na Tabela 12 que a média para a DBO ficou acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. O P1 obteve os resultados mais críticos, DBO – 77, pH – 9,31 e Turbidez – 280,0. Os P2 e P3 tiveram valores em desacordo com a legislação para DBO e OD, enquanto o P4 apenas para OD.

Os valores elevados para DBO é um indicativo de presença de efluentes domésticos ou industriais. Fiorucci e Filho (2005), afirmam que águas com poluição por resquícios de alimentos ou até mesmo de animais, apresentam DBO superiores a produção de Oxigênio.

O pH – 9,31 sugere a possibilidade de despejo de efluentes domésticos como, por exemplo, produtos de limpeza que possuem pH mais elevados, como, por exemplo, limpadores multiuso com pH 11, limpadores de forno com pH 13 e alvejantes com pH 13.

Tabela 10 . Concentrações das variáveis do IQA para o período de seca

Variáveis	PC	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Parâmetro
Coliformes termotolerantes	470	810	580	990	660	130	110	140	≤1000
DBO	3,47	77,00	8,03	6,77	2,03	3,72	3,86	4,60	≤ 5
Fósforo total	< 0,06	0,70	0,08	0,06	0,06	<0,06	<0,06	<0,06	≤ 0,1
Nitrato	0,25	0,25	<0,08	1,26	0,10	<0,08	2,20	0,78	≤ 10
Sólidos totais	54	560	256,0	436,0	186,0	456,0	116,0	104,0	-
Temperatura	26,61	29,26	29,03	27,15	26,50	26,92	26,61	26,91	<40° C
Potencial hidrogeniônico	6,39	9,31	7,86	7,31	7,25	7,32	6,39	6,39	6,0 – 9,0
Turbidez	4,0	280,0	44,6	22,3	15,0	13,1	4,0	4,2	<100
Oxigênio dissolvido	5,45	8,81	4,08	1,64	4,80	7,92	5,45	6,24	>5,0 mg/L

Valores em vermelho estão em desacordo com a legislação.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

3.1.6. Índice de Estado trófico – IET

Os dados abaixo apresentam a classificação para o Índice de Estado Trófico, baseado no fósforo, para o período chuvoso e de seca.

A Figura 26 evidencia as características da água mostrando um desequilíbrio em relação ao estado trófico. De acordo com Lamparelli (2004), as condições ideais dessas características devem ser de $47 \leq 52$, não havendo, assim, interferências indesejáveis.

Os P1, P2 e P3, região lentic, tiveram os piores índices classificando-os como hipereutrófico, o que indica uma grande concentração de matéria orgânica e de nutrientes com comprometimento da vida aquática, podendo ocorrer mortandades de peixes e afetar a utilização de suas águas para fins de dessedentação animal.

Baumgarten e Paixão (2013), em estudo parecido no estuário da Lagoa dos Patos – RS, também apresentaram IET Hipereutrófico em pelo menos dois pontos, consequência do lançamento de efluentes industriais provenientes do processamento de grãos e de efluentes domésticos clandestinos. Afirma ainda que essa alteração ocorre devido a grande quantidade de matéria orgânica depositada pelos efluentes que no processo de decomposição aumenta os compostos nitrogenados e fosfatados, favorecendo o surgimento das algas. Silva *et al.* (2014), identificou hipertrofia para o mesmo período no Rio Anil - MA, afirmando que suas águas se enquadram como poluídas.

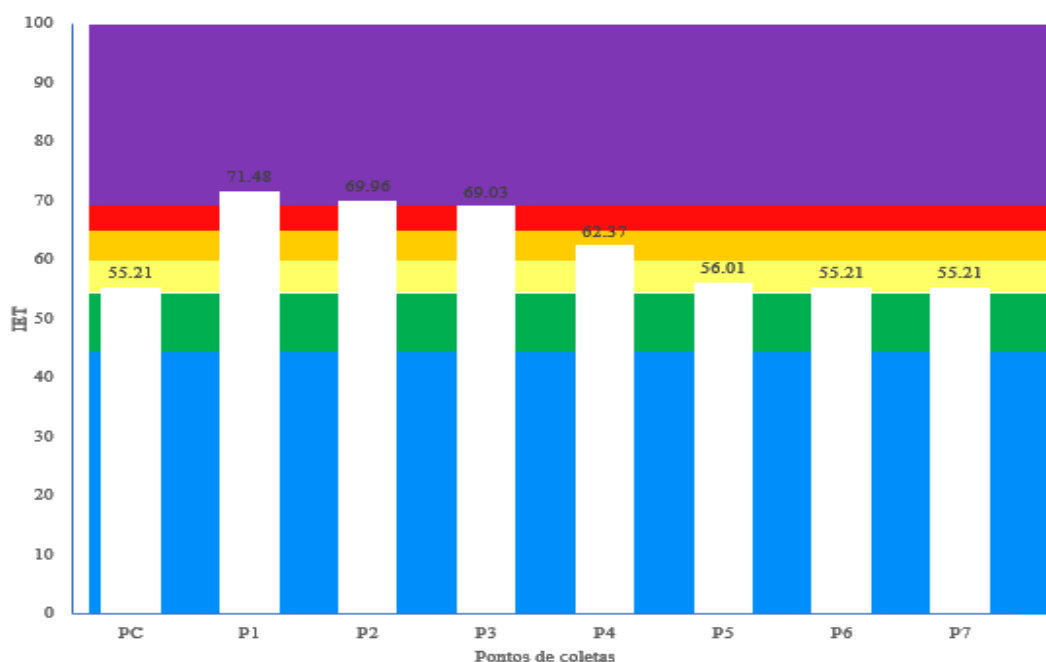


Figura 14. IET calculado para o período chuvoso.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

O P4 apresentou IET Eutrófico mostrando que existe forte alteração antrópica.

Os PC, P5, P6 e P7 foram os pontos com melhores índices, sendo classificados como mesotrófico, ou seja, ainda existem alterações antrópicas afetando as características das águas, mas de forma intermediária. Tal situação também foi observada por Prado e Novo (2007), no Rio Piracicaba, o que pode indicar que existe poluição em pequena escala.

No período das secas (figura 15), apenas o P1 manteve-se como hipereutrófico com um pequeno aumento no seu índice em relação ao período chuvoso, de 71,48 para 74,16. O Rio Arari na Ilha de Marajó obteve o mesmo grau de trofia para o período da seca (ALVES *et al.*, 2012). Índices mais elevados foram encontrados na Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora – MG, conforme afirmam Bucci e Oliveira (2014).

Os P2 e P3 tiveram uma melhora passando de hipereutrófico para eutrófico e o P4 permaneceu eutrófico. Por outro lado, os PC, P5, P6 e P7 permaneceram mesotróficos.

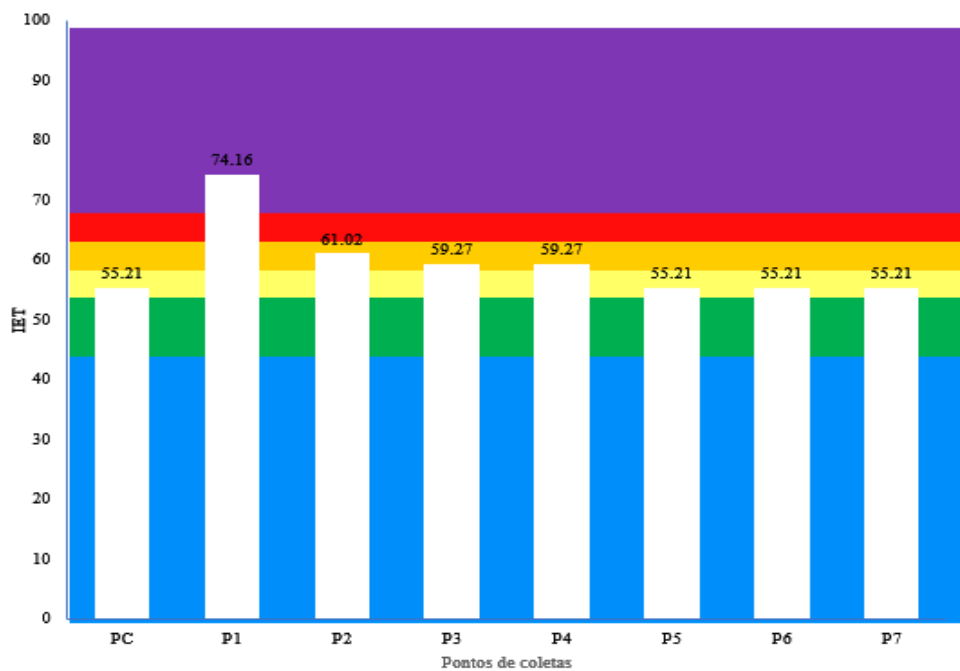


Figura 15. IET calculado para o período da seca.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)

Em termos gerais, verificou-se que os pontos mais afetados pela antropização são os P1, P2, P3 e o P4 que são os pontos localizados em ambientes lênticos, e os pontos com os índices intermediário foram o PC, P5, P6 e P7, sendo, esses ambientes, lóticos.

O cálculo do IET para o riacho Bujuzinho variou entre mesotrófico e hipereutrófico, o que concerne características de corpos d'água com produtividade intermediária a afetados

significativamente por grandes concentrações de matéria orgânica e nutrientes. De acordo com esses resultados, constata-se que, a bacia do riacho Bujuzinho apresenta fortes indicativos de lançamentos de efluentes com capacidade orgânica maior que a autodepuração. O que foi afirmado por Queiróz e Melo (2017) quando obteve IET mesotrófico no riacho Queima Pé em Tangará da Serra/MT.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que os pontos que apresentaram maior indicativo de antropização são os P1, P2, P3 e P4 que, durante o período chuvoso, tiveram o IQA Regular, sendo que o P1 e o P2 apresentaram uma alteração negativa no período da seca em que os Índices permaneceram na categoria “Ruim”. Nota-se que nos pontos seguintes, cujo ambiente, nas suas margens, sofrem modificações, os valores dos índices apresentam melhora, tal fator pode estar associado às mudanças de usos do solo em que nesses trechos essas margens encontram-se mais conservadas e esses pontos estão mais distantes do centro urbano, ou seja, à medida que se afasta da nascente principal em direção à foz, a qualidade das águas apresenta melhora.

Os resultados apresentados para o IET baseado no Fósforo evidenciaram que existe um processo significativo de eutrofização, variando entre Mesotrófico – estágio com produtividade intermediária, nos ambientes lóticos; Eutrófico – com alta produtividade em ambientes lênticos e Hipereutrófico – estágio com elevada produção de matéria orgânica e nutrientes, também em ambientes lênticos

Os diferentes usos do solo no entorno da bacia e os resultados apresentados constataam que a antropização tem influenciado no processo de eutrofização e tem alterado a qualidade das águas do riacho Bujuizinho. Esse comportamento está associado ao possível despejo clandestino de efluentes domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I. C. C., EL-ROBRINI, M., SANTOS, M. DE L. S., MONTEIRO, S. DE M., BARBOSA, L. P. F., & GUIMARÃES, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazônica*, 42(1), 115–124. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

ARAÚJO, D. R., MENDONÇA, A. S. F., & REIS, J. A. T. DOS. (2018). Análise de variação e comparação de índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de Rio Bonito e Suíça. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 23(1), 55–62. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018162462>

BAUMGARTEN, MARIA. (2013). O uso do índice do estado trófico para avaliar a qualidade das águas do estuário da Lagoa dos Patos (RS). *Atlântica*, 35(1). <https://doi.org/10.5088/atl.2013.35.1>

BARROS, R. V. G., & SOUZA, C. A. de. (2012). Qualidade do recurso hídrico do Córrego André, Mirassol D'Oeste, MT. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, (24), 1–16. https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/320

BUCCI, M. H. S., & OLIVEIRA, L. F. C. de. (2014). Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). *Revista Ambiente & Água*, 9(1), 130–148. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1290>

BUHLER, B. & SOUZA, C. & SOBREIRA, E. & OLIVEIRA J. E. (2013). Qualidade da água do Rio Paraguai no perímetro urbano em Cáceres – MT, Brasil. *Revista GeoPantanal*.

BLEICH, MONICA & JOSÉ DA SILVA, CARLOS & ROSSETE, AMINTAS. (2011). Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. *Biotemas*, 22. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n2p161>

CONAMA (2005). Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Disponível em - acessada em 01/04/2021.

CONAMA (2011). Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011. Disponível em - acesso em 15/07/2022.

FANTIN, C. I. *et al.* (2010). Regime térmico em águas correntes e sua importância na estrutura do habitat e na biologia de organismos aquáticos. *Revista Caminhos de Geografia*, v. 11(36), 295-307.

FIORUCCI, ANTÔNIO ROGÉRIO; BENEDETTI FILHO, E. (2005). A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova na Escola*, v. 22, 10-16.

ÍNDICE DE QUALIDADE DE DAS ÁGUAS - CETESB. Disponível em – Acesso em 15/04/2021.

LAMPARELLI, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo: USP/ Departamento de Ecologia. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LIMA, S.M.S. ANDRADE, W.G. LOPES, A.C. FAÇANHA. (2019). Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* [Online]. [Acessado em 17 de agosto de 2022]. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>. ISSN 2175-3369.

LIBÂNIO, M. (2010). Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Editora Átomo: São Paulo.

MARINHO, M.R. (2016). Análise das Variações de Temperatura da Superfície e Refletividade da Água na Área dos Rios Negro e Solimões e Entorno de Manaus. In: Anais do V Congresso de Iniciação do INPA-CONIC.

NOZAKI, C.T. *et al.* (2014). Comportamento temporal do oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos. *Atas de Saúde Ambiental-ASA (ISSN 2357-7614)*, v. 2(1), 29-44.

NUÑES, M.L.A. *et al.* (2017). Determinação do índice de Qualidade da Água do manancial de abastecimento do município de Ji-Paraná – Rondonia. *VIII ConGea, 2017*. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.

OLIVEIRA, L., OLIVEIRA, B., & LIMA, L. (2018). Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá-AM. *Revista de Ciências Ambientais*, 12, 25. <https://doi.org/10.18316/rca.v12i3.3606>.

OLIVEIRA, L.C. DE., GOMES, B.M., BAUMGARTNER, G., & SEBASTIEN, N.Y. (2008). Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. *Engenharia Agrícola*, 28(4), 770–781. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000400017>.

PEREIRA, P.P., PAREDES, E.A., & OKAWA, C.M. (2018). Diagnóstico preliminar da integridade ambiental de fundos de vale. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [Online], v. 23, n. 4, pp. 739-749. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018169928>. ISSN 1809-4457.

PRADO, R.B., & NOVO, E.M.L.M. (2007). Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. *Sociedade & Natureza*, 19(2), 5–18. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132007000200001>. Programa Água Azul. Disponível em.

QUEIROZ, T.M.; LIMA, A.F.; GALVANIN, E.A.S. Índice de estado trófico, baseado no fósforo, na bacia hidrográfica Paraguai - Diamantino em Mato Grosso, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.1, p. 300-308, 2020. DOI: [<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0027>](<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-685>)

CAPÍTULO 3 – PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE AGROTÓXICOS NA ÁGUA DE UM CÓRREGO URBANO NO CERRADO BRASILEIRO, REGIÃO DE AGRICULTURA INTENSIVA.

Fabiana dos Santos Rocha
Tadeu Miranda de Queiroz

1. INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento econômico brasileiro está baseado na produção de *commodities* e vem apresentando um crescimento, bem expressivo, principalmente no agronegócio; prioritariamente, para a produção de grãos. De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA,2022), a estimativa para o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) para 2022 está, em torno, de R\$ 1,2 trilhão com um crescimento na produção agrícola de 10,3% com destaque para o cultivo de soja e milho.

Como um referencial de sucesso do agronegócio brasileiro, o estado de Mato Grosso vem liderando o ranking de maior produção nacional de soja com 35,95 milhões de toneladas concentradas em 10,92 milhões de hectares plantados. A região Médio Norte do estado, que é formada por 16 municípios (IMEA, 2017) e possui 3,40 milhões de hectares (IMEA, 2022), se sobressai despontando como região mais produtiva do estado, atingindo uma produtividade média de soja de 3.492 kg/ha na safra de 2020/2021 (EMBRAPA, 2022).

Nova Mutum é um dos municípios do Médio Norte, na região de expansão da fronteira agrícola e, apesar de ter tido sua emancipação recente, com apenas 34 anos, sua área urbana vem apresentando um ritmo acelerado de crescimento. Entre 1995 e 1997, houve a criação dos distritos industriais Norte e Sul, o que atraiu várias indústrias para o local e com grande demanda de mão de obra, o crescimento urbano passou a ser acelerado (CARIGNANI, 2018).

A cidade possui um predomínio de áreas de cultivos agrícolas no seu entorno apresentando, ainda, algumas áreas cultivadas dentro do perímetro urbano.

Com grande produção agrícola, vem se destacando, tanto no cenário estadual como no nacional, com sua produção de soja que ocupa o terceiro lugar no ranking estadual e quinto na produção nacional. Com respeito ao cultivo do milho, o município enquadra-se na terceira posição estadual e quarta maior produção nacional (IBGE, 2020).

O aumento da produção de grãos deve-se às melhorias no processo produtivo com adoção de tecnologias agrícolas, dentre elas, os insumos inovadores para o combate de pragas,

doenças e plantas invasoras, contribuindo para aumentar a produtividade e, por conseguinte, a produção. Nesse cenário, surge uma grande preocupação nas áreas de maiores usos dos solos para a produção agrícola; pois, de acordo com Santos (2021), esse aumento no uso do solo está relacionado à expansão dos investimentos nas áreas da fronteira agrícola o que favorece a predominância da agricultura empresarial. Ademais, algumas regiões, como o Cerrado, por exemplo, evidencia uma preocupação com o aumento dos conflitos de interesse associados ao crescimento dos usos das tecnologias agrícolas nos cultivos, transformando a agricultura em uma produção quimicamente dependente.

Diante desse cenário, Novais *et al.* (2021) alertam para as consequências que poderão surgir nos corpos d'água decorrentes tanto do escoamento das águas pluviais e do uso para a irrigação, podendo, ainda, ser infiltrada no solo contaminando os lençóis freáticos. Essa contaminação pelo uso rotineiro de agrotóxicos poderá contaminar ainda os solos levando à redução dos níveis de fertilidade natural o que poderá afetar a própria produtividade, conforme afirma Santos (2021). Parte das partículas desses insumos, ao serem pulverizadas, podem ainda ser transportadas pelo ar (deriva) colocando em risco sua qualidade e espalhando os princípios ativos para além das fronteiras das áreas cultivadas, podendo atingir, por exemplo, as áreas urbanas.

Chiarello *et al.* (2017) em sua análise realizada na bacia do Lajeado Tacongava, na região serrana do Rio Grande do Sul, afirmam que foram encontradas presenças de resíduos de agrotóxicos utilizados nas áreas agricultáveis próximas aos locais onde foram realizadas as amostras, alertando para uma contaminação que possa estar ocorrendo por meio de possíveis descartes, de agrotóxicos, de formas indevidas.

Analisando amostras de águas superficiais e da chuva nas cidades de Lucas do Rio Verde e Campo Verde, Moreira *et al.* (2012) relataram que foram encontrados resíduos de pelo menos seis tipos diferentes de agrotóxicos na maioria das amostras coletadas em poços artesianos na área urbana. A contaminação também foi evidenciada para as amostras coletadas nos córregos e rios. Todavia, em Campo Verde, em metade das amostras coletadas nos poços artesianos foram detectados resíduos de pesticidas e, nas análises nos córregos e rios a presença de tais foi confirmada. Conforme o exposto, as consequências ambientais são consideráveis, no entanto, diante do elevado crescimento populacional, torna-se necessária a expansão da produtividade, de modo que possa suprir a insegurança alimentar mundial. Tendo em vista que, a produtividade agrícola se tornou uma forte economia, principalmente para os países em desenvolvimento, que possuem sua base econômica estruturada neste tipo de produção.

Nova Mutum está localizada em uma região de intensa exploração agrícola com forte uso de tecnologias, com uma expressiva rede hidrográfica que drena essa área de uso agrícola, e seu córrego Bujuizinho possui maior parte do seu curso na área urbana, onde é utilizado como parte do paisagismo da cidade onde foram construídos seis lagos, dos quais, dois estão revitalizados com calçamentos, construções para momentos de lazer, contudo com proibição de banho. As outras áreas são utilizadas para recreação e pesca. O córrego está classificado como classe 2, segundo os parâmetros da Resolução CONAMA 357/2005.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo analisar os possíveis contaminantes, decorrentes dos insumos agrícolas, encontrados no córrego urbano Bujuizinho, localizado na cidade de Nova Mutum/ MT – Brasil, bem como fazer uma análise do contexto atual de sua utilização no cenário global.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O córrego Bujuzinho é, essencialmente, urbano e está classificado pela Resolução CONAMA 357/2005 como classe 2 para rios de águas doce, e podem ser destinados para o abastecimento e consumo humano, desde que passado por tratamento convencional; é destinado, também, à proteção das comunidades aquáticas podendo ser utilizadas para a recreação de contato primário, como: natação, esqui-aquático e mergulho; podendo, ainda, ter seu uso para a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins, campos de esportes e lazer de contato direto e para a aquicultura e pesca

Todavia, ele vem sofrendo com a antropização de seu curso, seja pelo crescimento constante da cidade, ou pelo desenvolvimento do agronegócio. Está inserido no Médio Norte do estado de Mato Grosso, região de intensa produção de grãos, e deságua no Rio dos Patos (observado no mapa 2, em anexos) que é um dos afluentes do rio Arinos, maior rio do município que, por sua vez, é afluente do rio Juruena, que é afluente do rio Tapajós e que, por fim, deságua no rio Amazonas, onde suas águas alcançam o oceano Atlântico. A vegetação tem o predomínio do Cerrado, na borda de transição para o bioma Amazônico, sendo possível encontrar traços da Floresta Amazônica. O clima local, de acordo com a classificação de Koppen, é o Aw, ou seja, tropical semiúmido com duas estações bem definidas, sendo o inverno seco com duração de cinco meses (maio a setembro) e verão chuvoso de setembro a março (Relatório Técnico Consolidado de Clima para o Estado de Mato Grosso, 2000).

A área de realização do estudo é o córrego urbano Bujuzinho, localizado na porção Centro Norte do município de Nova Mutum/MT – Brasil. O local de amostragem foi definido por estar mais a jusante do curso d'água nas proximidades com o rio dos Patos, em uma região que está envolta por áreas agricultáveis. Possui coordenadas geográficas de 13°46'33" S, 56°3'41" O (disponível no mapa 12, em anexos) e uma altitude em torno de 400 m.

Foram analisadas as 54 Variáveis Orgânicas da resolução Nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente para águas superficiais de Classe II, da qual se extraíram os parâmetros para comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP).

Para a realização das análises, foram utilizados os equipamentos: condutivímetro, medidor de pH, turbidímetro, fotômetro multi parâmetros, fotômetro de chama, absorção atômica, espectrofotômetro e balança analítica para atender aos requisitos dos seguintes métodos, EPA – Method: 3510 C/8270 E/3535 A; 3510 C/8082 A; 8321 B; 5021 A/8260 C;

5021 A/8260 D; 3510 C/8270 E; PR-Tb-IN-021; 8270 D; PR-TB-FQ 398 e 5021 A. Todos os métodos atendem aos padrões especificados na Resolução do CONAMA nº 357.

A coleta foi realizada no dia 10 de janeiro de 2022 no ponto mais a jusante (mapa 12, em anexos) a uma temperatura ambiente de 23°C em água superficial, mantendo a amostra coletada e armazenada em recipientes preparados e enviados pelo laboratório.

A análise da situação regulatória dos parâmetros orgânicos detectados foi realizada por meio de pesquisa no arquivo de monografias autorizadas e excluídas disponíveis no site da ANVISA.

As informações sobre a situação regulatória internacional foram coletadas a partir da análise de banco de dados disponíveis em sites de seis países e a União Europeia, sendo na América do Sul: o Brasil e o Chile; na América do Norte: os Estados Unidos; na Ásia: o Japão, a China e a Índia; e, na Europa, os países pertencentes à União Europeia.

O mapeamento da expansão da agricultura e da área urbana foi determinada por meio de imagens de satélite do Mapbiomas para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, buscando informações para auxiliar na discussão dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a expansão das áreas agrícolas na bacia hidrográfica do córrego Bujuzinho (observado no mapa 13, em anexos) é possível notar que até, o ano de 1990, as áreas de florestas eram predominantes com poucas áreas de agropecuária; já na década de 2000, houve um aumento de 23,25% nas áreas de agropecuária e, em 2020, perfazendo um total de 50,02% de áreas que hoje são destinadas à agricultura dentro da bacia hidrográfica analisada. Com a expansão da produção agrícola, principalmente no crescimento da produtividade de soja e milho, que já vem ocupando o 5º e 4º lugar, respectivamente, no ranking nacional, e para que essa produtividade atenda à demanda global, torna-se necessário a implementação de novas tecnologias e dos insumos agrícolas que favorecem o modelo de produção brasileira. Todavia, além do benefício em relação à economia, podem gerar uma grande concentração de contaminação dos recursos hídricos.

O ponto analisado está localizado no curso final do córrego urbano Bujuzinho, que possui parte do seu curso dentro do perímetro urbano e parte em áreas de intensa produção agrícola com os cultivos de soja, milho e algodão.

Foram realizadas as análises das 54 Variáveis Orgânicas da resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 (Tabela 13), nas quais, apenas quatro não foram detectados, sendo eles: Benzidina, que possui sua utilização principalmente nas indústrias têxteis e de papel, que não são encontradas na região; o DDT e o Endrin, que foram proibidos para fins agropecuários pelo Ministério da Saúde - (MS) em 1998; e o Dodecacloro Pentaciclodecano, proibido para fins agropecuários desde 1985 (CETESB, 2018).

Tabela 11 . Uso dos 54 parâmetros orgânicos da Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005 para águas doces - classe 2 e resultado analítico

Parâmetros orgânicos	Uso	Resultado	Concentrações	Legislação
1,1 – Dicloroetano	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 3
1,2 – Dicloroetano	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 10
2,4 D	Herbicida	Detectado	<1	≤ 4
2,4,5 – T	Herbicida	Detectado	<1	≤ 2
2,4,5 – TP	Herbicida	Detectado	<1	≤ 10
2,4,6 – Triclorofenol	Inseticida	Detectado	<0,00005	≤ 0,01
2,4 Diclorofenol	Herbicida	Detectado	<0,00005	≤ 0,0003
2 - Clorofenol	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 0,1
Acrilamida	Inseticida	Detectado	<0,30	≤ 0,5
Alacloro	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 20
Aldrin + dieldrin	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,005
Atrazina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 2

Benzeno	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,005
Benzidina	Inseticida	Não	—	≤ 0,001
		Detectado		
Benzo (a) antraceno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (a) pireno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (b) fluoranteno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Benzo (k) fluoranteno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Carbaril	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,02
Clordano (cis + trans)	Pesticida	Detectado	<0,005	≤ 0,04
Criseno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
DDT (p.p`- DDT +p.p`- DDE + p.p`- DDD)	Inseticida	Não	—	≤ 0,002
		Detectado		
Demeton (demeton – O + demeton – S)	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,1
Dibenzo (a h) antraceno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Diclorometano	Inseticida, fungicida herbicida (solvente)	Detectado	<1,0	≤ 20
	e			
Dodecacloro pentaciclodecano	Inseticida	Não		≤ 0,001
		Detectado		
Endossulfan (α + β + sulfato)	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,056
Endrin	Pesticida	Não		≤ 0,004
		Detectado		
Estireno	Componente de plástico flexíveis	Detectado	<0,001	≤ 0,02
Etilbenzeno	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,09
Fenóis totais		Detectado	<0,00005	≤ 0,003
Glifosato	Herbicida	Detectado	<50,0	≤ 65
Gution	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,005
Heptacloro + heptacloro epóxido	Herbicida	Detectado	<0,005	≤ 0,01
Hexaclorobenzeno	Fungicida	Detectado	<0,005	≤ 0,0065
Indeno (1,2,3 – cd) pireno	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,05
Lindano (gama HCH)	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,02
Malationa	Inseticida	Detectado	<0,05	≤ 0,01
Metolacloro	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 10
Metoxicloro	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,03
Paration	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,04
PCBs – bifenilas policloradas	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,001
Pentaclorofenol	Inseticida	Detectado	<0,00005	≤ 0,009
Simazina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 2
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	Inseticida, fungicida herbicida (surfactante)	Detectado	0,321	≤ 0,5
	e			
Tetracloroeto de carbono	Inseticida	Detectado	<0,001	≤ 0,002
Tetracloroeteno	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 10
Tolueno	Solvente	Detectado	<0,001	≤ 0,002
Toxafeno	Inseticida	Detectado	<0,005	≤ 0,01
Tributilestanho	Inseticida fungicida	Detectado	<0,01	≤ 0,063
	e			
Triclorobenzenos (1,2,4 – TCB + 1,2,3 TCB)	Inseticida	Detectado	<0,01	≤ 0,02

Tricloroeteno	Inseticida	Detectado	<1,0	≤ 30
Trifluralina	Herbicida	Detectado	<0,05	≤ 0,2
Xileno	Solvente	Detectado	<0,001	≤ 0,3

FONTE: Elaborado pela autoraAUTORA (2022)

O estudo revelou a presença de diversos ingredientes ativos que possuem proibição, em vários países, por possuírem potencial carcinogênico, desregulação endócrina para seres humanos e vida selvagem, e toxicidade à vida aquática. Alguns desses ingredientes, proibidos em outros países até a 5ª edição da *PAN International Consolidated List of Banned Pesticids* que são publicações anuais da lista dos agrotóxicos que estão proibidos em diversos países e são divulgadas para uma maior acessibilidade já que nem sempre essas informações estão disponíveis.

A última edição foi realizada em março de 2021 pela *Pesticide Action Network – PAN* que é uma rede com mais de 600 organizações que participam sem ajuda governamental e estão presentes em mais de 90 países lutando pelo objetivo de substituições de pesticidas perigosos por alternativas mais sustentáveis, (PAN Internacional, 2021) (Tabela 14). Alguns deles também foram banidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, como é o caso do endossulfan, lindano, aldrin + dieldrin, paration e o pentaclorofenol. O DDT também foi banido pela ANVISA, porém não foi detectado.

Tabela 12 . Lista dos parâmetros orgânicos encontrados na área de estudo com proibição em outros países e na União Europeia

Parâmetros orgânicos	Brasil	Chile	E.U. A	UE	Índia	China	Japão
2,4,6 T				x			
Clordano	x	x	x	x	x	x	x
DDT	x	x	x	x		x	x
Demetron	x						
Endossulfan	x	x	x	x	x	x	x
Hexaclorobenzeno	x	x	x	x	x	x	x
Lindano	x	x			x	x	x
Metoxicloro	x		x				
Metalocloro	x						

Paration	x	x	x	x	x
Pentaclorofenol	x	x	x	x	x
Alacloro		x	x	x	
Carbaril			x	x	
Atrazina			x		
Malationa			x		
Simazina			x		
Trifluralina			x		

Parâmetros que foram proibidos em vários países até a última edição em março de 2021 da PAN Internacional de Pesticidas.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

O Endosulfan compõe o grupo dos Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs e teve sua importação proibida prevista a partir de 31 de julho de 2011 e foi banido em 31 de julho de 2013 por ser considerado altamente tóxico, podendo levar a problemas endócrinos e reprodutivos (portal O Senado, 2010). De acordo com o Instituto Nacional de Câncer – INCA, tem ainda um alto índice de periculosidade e persistência no ambiente além de potencial carcinogênico (INCA, 2022).

A proibição do Lindano – que também faz parte dos POPs – para o uso agrícola ocorreu em 1985 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA e seu uso para higienização domiciliar e coletiva foi proibido pelo MS em 1998. Somente em 2006 a ANVISA banuiu totalmente seu uso (CETESB/SP, 2018), a justificativa para a proibição foi devido à toxicidade neurológica, alta periculosidade e persistência no ambiente (INCA, 2022).

O MAPA proibiu o uso, a comercialização e distribuição do Aldrin para uso agropecuário em 1985 e sua proibição pelo MS ocorreu em 1998 (CETESB/SP, 2018), pelo seu nível de periculosidade e persistência no ambiente (INCA, 2022). Quanto ao Dieldrin, nunca houve registro no país. Os dois são poluentes orgânicos persistentes.

O Pentaclorofenol, outro POP, possui proibição de uso para fins agropecuários, legislada na portaria nº 329 de 02 de setembro de 1985 do Ministério da Agricultura permanecendo o uso domissanitário até 1998, quando foi extinto pela portaria de nº 11 de 08 de janeiro de 1998; contudo, seu uso continua autorizado para utilização como preservante de madeira (ANVISA, 2022). Seus efeitos à saúde são diversos podendo afetar o sistema nervoso, rins, fígado, sistema imunológico, neurológicos, imunidade e está também associado a implicações carcinogênicas (CETESB/SP, 2018), podendo, ainda, impactar na desregulação endócrina (INCA, 2022).

A utilização desses parâmetros orgânicos foi banida após reavaliações de seus efeitos à saúde humana, persistência ambiental e vida aquática, sendo comprovado seus diversos efeitos ao meio. Um estudo realizado por especialistas internacionais na área de sistemas hormonais obteve resultados que chamam a atenção para a presença de três dos ingredientes encontrados no córrego Bujuizinho, que são eles: Lindano, Aldrin e Dieldrin.

O estudo afirma que a exposição a esses compostos químicos provoca grande desregulação endócrina, podendo gerar consequências para fetos masculinos.

Outros pesticidas organoclorados como lindano e dieldrin, que estão intimamente relacionados com o inseticida aclorado aldrin também inibem a diidrotestosterona ligando-se ao AR (Receptor de Andrógeno). Como os andrógenos são os principais reguladores da diferenciação sexual masculina durante o desenvolvimento fetal, a interrupção andrôgena através do antagonismo AR nesse período pode desmasculinizar permanentemente os fetos masculinos e levar a malformações do trato genital. (La Merrill *et al.*, 2020, p.47).

Na Tabela 15 é apresentada a situação regulatória internacional dos parâmetros analisados, dentre os que foram encontradas informações de registro no Brasil, 14 estão entre os não autorizados nos Estados Unidos: simazina, metolacloro, metoxicloro, malationa, indeno, trifularina, triclorobenzeno, tributilestanho, toxafeno, tolueno, tetracloroeto de carbono, glifosato, atrazina e alacloro. Dentre eles, quatro são proibidos na União Europeia: simazina, metolacloro, atrazina e alacloro; um na China: atrazina; e um no Chile: alacloro. A trifularina possui uso restrito na Índia. A simazina possui uso restrito no Japão; e, na Índia, é um pesticida retirado.

Tabela 13 . Situação internacional dos parâmetros analisados no córrego Bujuizinho

Parâmetro orgânicos	Brasil	Chile	E.U. A	UE	Índia	China	Japão
1,1 – Dicloroetano	SI	SI	SI	NA	SI	SI	SI
1,2 – Dicloroetano	SI	SI	NA	NA	SI	SI	SI
2,4 D	A	SI	SI	SI	A	A	A
2,4,5 – T	SI	NA	NA	NA	RR/UR	SI	B
2,4,5 – TP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2,4,6 – Triclorofenol	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
2,4 Diclorofenol	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
2 - Clorofenol	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acrilamida	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Alacloro	A	NA	NA	NA	AT	A	A
Aldrin + dieldrin	B	NA	NA	NA	B	B	B
Atrazina	A	SI	NA	NA	A	NA	A
Benzeno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzidina	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (a) antraceno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (a) pireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI

Benzo (b) fluoranteno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Benzo (k) fluoranteno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Carbaril	A	SI	NA	NA	SI	A	A
Clordano (cis + trans)	SI	NA	NA	NA	B	NA	B
Criseno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
DDT (p.p` - DDT + p.p` - DDE + p.p` - DDD)	B	NA	NA	NA	UR	B	B
Demeton (demeton - O + demeton - S)	B	SI	NA	NA	SI	B	SI
Dibenzo (a h) antraceno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Diclorometano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Dodecacloro pentaciclododecano	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Endossulfan (α + β + sulfato)	B	NA	NA	NA	B	UR	B
Endrin	B	NA	NA	NA	B	NA	B
Estireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Etilbenzeno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Fenóis totais	SI	SI	SI	NA	SI	SI	SI
Glifosato	A	SI	NA	SI	A	A	A
Gution	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Heptacloro + heptacloro epóxido	B	NA	NA	NA	SI	NA	SI
Hexaclorobenzeno	SI	NA	NA	SI	SI	SI	B
Indeno (1,2,3 - cd) pireno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Lindano (gama HCH)	B	NA	NA	NA	B	NA	B
Malationa	A	SI	NA	SI	A	A	A
Metolacloro	A	SI	NA	NA	A	A	A
Metoxicloro	B	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Paration	B	NA	NA	NA	B	B	B
PCBs - bifenilas policloradas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pentaclorofenol	B	NA	NA	NA	B	A	B
Simazina	A	SI	NA	NA	PR	A	UR
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tetracloroeto de carbono	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tetracloroeteno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Tolueno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Toxafeno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tributilestanho	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Triclorobenzenos (1,2,4 - TCB + 1,2,3 TCB)	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI
Tricloroeteno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Trifularina	A	SI	NA	SI	UR	A	A
Xileno	SI	SI	NA	SI	SI	SI	SI

A: autorizado; B: banido; NA: não autorizado; AT: autorização temporária; RR: registro recusado; UR: Uso restrito; PR: pesticida retirado; SI: sem informação no banco de dados pesquisado.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

De acordo com a PAN Internacional, foram criados três grupos para classificação de risco dos agrotóxicos, os de toxicidade aguda: que são aqueles de efeito rápido com até sete dias após e exposição podendo até ser fatais mesmo em doses pequenas. Os de efeitos a longo prazo: que

são considerados carcinogênicos ou possíveis para humanos; e os de toxicidade ambiental, sendo eles bioacumulativos na água, no solo e em sedimentos.

Alguns dos parâmetros analisados estão inclusos na classificação da Pan Internacional (Tabela 16) que estão presentes em sua última atualização em 2019 na Lista Internacional de Pesticidas Altamente Perigosos.

Tabela 14. Classificação toxicológica dos parâmetros analisados

<u>Grupo 1</u>	<u>Grupo 2</u>	<u>Grupo 3</u>
Toxicidade aguda	Efeito a longo prazo	Toxicidade ambiental
Demeton – S	Alaclaro	Carbaril
Endosulfan	Atrazina	Clordano
Hexaclorobenzeno	Carbaril	DDT
Paration	Clordano	Demeton – S
Pentaclorofenol	DDT	Hexaclorobenzeno
	GlifosatoMalationa	Lindano
	Metoxicloro	Malationa
	Pentaclorofenol	Paration
	Trifularina	Trifularina
	Hexaclorobenzeno	
	Lindano	
	Malationa	

FONTE: Elaborado pela autora (2022)

Segundo a nota técnica sobre o crescimento do consumo dos agrotóxicos divulgado em 2020, Nova Mutum está entre os municípios do estado com crescimento, no consumo de agrotóxicos entre 2006 e 2017 (IPEA,2020), o que se justifica pelo elevado crescimento na produtividade e nas áreas plantadas. No que diz respeito à ocorrência de notificações de intoxicação, apesar de estar entre os maiores produtores agrícolas do país não apresentou índices elevados ficando em torno de 0,05 por 1.000 habitantes (Ministério da Saúde, 2018).

A partir da análise realizada, constatou-se a presença de vários dos parâmetros orgânicos investigados. A detecção, segundo a metodologia utilizada pelo laboratório, está dentro dos limites permitidos pelo CONAMA, o que pode ser um tranquilizador para a população que vive no entorno do córrego; porém, gera grande preocupação ambiental e para a saúde humana, o fato de que todos os princípios ativos foram detectados, inclusive os que tem seu uso proibidos a décadas.

O uso frequente de agrotóxicos, na região, pode levar, a longo prazo, a diversos problemas para a saúde da população que, cotidianamente, convive com as pulverizações em áreas próximas a zona urbana, o que está demonstrado, pelos resultados obtidos, apontando a presença de diversos compostos orgânicos na água do córrego Bujuzinho. Esse resultado

acende uma luz vermelha para a sociedade, servindo como alerta, revelando uma grande diversidade de contaminantes que, combinados, podem ter consequências preocupantes nos organismos que os ingerem.

Apesar do córrego analisado não ser fonte de água para o sistema público que abastece o município, o qual se utiliza como forma de abastecimento poços artesianos, fica o alerta para os possíveis problemas endócrinos e cancerígenos que podem ter seus números aumentados nas próximas décadas, já que a questão das alterações sofridas pela utilização dos agrotóxicos é um processo histórico e o município ainda é jovem, possuindo, apenas 34 anos. Além disso, a migração desses contaminantes encontrados nas águas superficiais para as águas subterrâneas é só questão de tempo.

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises das amostras da água do córrego Bujuzinho, coletadas no decorrer dessa pesquisa, evidenciam-se que: todos os princípios ativos orgânicos listados na resolução que regulamenta a qualidade das águas superficiais brasileiras, dentre eles a maioria de agrotóxicos, foram detectados, embora em concentrações abaixo dos limites referenciados pela legislação

Muitos dos princípios ativos detectados no córrego Bujuzinho já foram proibidos no Brasil e em diversos outros países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARIGNANI, G. *et al.* (2019). Nova cidade, velhos problemas: a BR 163 como elemento estruturador da formação da cidade de Nova Mutum-MT e seus desdobramentos na dispersão. *Anais XVIII ENANPUR 2019*, p. 1-17. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienganpur/anais>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Agrotóxicos. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/pops/wp-content/uploads/sites/19/2018/06/Hist%C3%B3rico-e-legisla%C3%A7%C3%A3o-de-poluentes-org%C3%A2nicos-persistentes-POPs-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Poluentes Orgânicos Persistentes – POPs. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/a-convencao/poluentes-organicos-persistentes-pops/>. Acesso em: 29 de abril de 2022.

CHIARELLO, M. *et al.* (2017). Determinação de agrotóxicos na água e sedimentos por HPLC – HRMS e sua relação com o uso e ocupação do solo. *Química Nova* [online], v. 40. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20160180>. ISSN 1678-7064.

SANTOS, E. DE JESUS (2021). Modernização agrícola e produção de grãos: um estudo sobre o potencial de contaminação do solo por defensivos agrícolas na região Oeste da Bahia. *Caderno De Ciências Sociais Aplicadas*, 18(32), 68-87. <https://doi.org/10.22481/ccsa.v18i32.9239>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Soja em Números Safra 2020/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 07 de março de 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Disponível em: <https://www.epa.gov/>.

PESTICIDES DATABASE - EU. Disponível em: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>.

FRIEDRICH, KAREN *et al.* (2021). Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. *Cadernos de Saúde Pública* [online], v. 37, n. 4. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00061820>. ISSN 1678-4464.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Progress in pesticide risk assessment and phasing-out of highly hazardous pesticides in Ásia (2015). Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4362e.pdf>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/nova-mutum/pesquisa/14/0>. Acesso em: 07 de março de 2022.

IMEA, Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/metodologia/justificativamapa.pdf>. Acesso em: 07 de março de 2022.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA - IMEA. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/dashboards?c=4>. Acesso em: 07 de março de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER - INCA. Agrotóxico. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposição-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxicos>.

Incorporated Administrative Agency Food and Agricultural Materials Inspection Center (FAMIC). Disponível em: <http://www.acis.famic.go.jp/eng/ailist/index.htm>.

LA MERRIL, M.A. *et al.* (2020). Consensus on the key characteristics of endocrine-disrupting chemicals as a basis for hazard identification. *Nat Rev Endocrinol*, 16(1), 45-57. Doi: 10.1038/s41574-019-0273-8.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/02/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-de-2022-e-estimado-em-r-1-2-trilhao>. Acesso em: 04 de março de 2022.

MORREIRA, JOSINO COSTA *et al.* (2012). Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado de Mato Grosso. *Ciência & Saúde Coletiva* [online], v.17, n. 6, pp 1557-1568. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600019>. ISSN 1678-4561.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_nacional_vigilancia_populacoes_expostas_agrotoxicos.pdf.

Nota técnica sobre a reavaliação toxicológica do ingrediente ativo pentaclorofenol e seus sais. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/111215/117797/penta.pdf/fc82b388-d6da-4b5e-912f-ebd792d2d6fb>.

Nota técnica, O crescimento do Uso de Agrotóxicos: Uma análise descritiva dos resultados do censo agropecuário 2017. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/nota_tecnica/200429_nt_disoc_n65.pdf.

NOVAIS, Cleidiane, Queiroz, Tadeu, & Seabra, Santino. (2021). Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos no estado do Mato Grosso: risco para o abastecimento urbano. *Research, Society and Development*, Vol.10, n 1, e23010111667, 2021. [10.33448/rsd-v10i1.11667](https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11667).

PAN International Consolidated List of Banned Pesticides. Disponível em: <https://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides>.

Pesticide Info. Disponível em: <https://www.pesticideinfo.org/search-chemicals-or-products>.

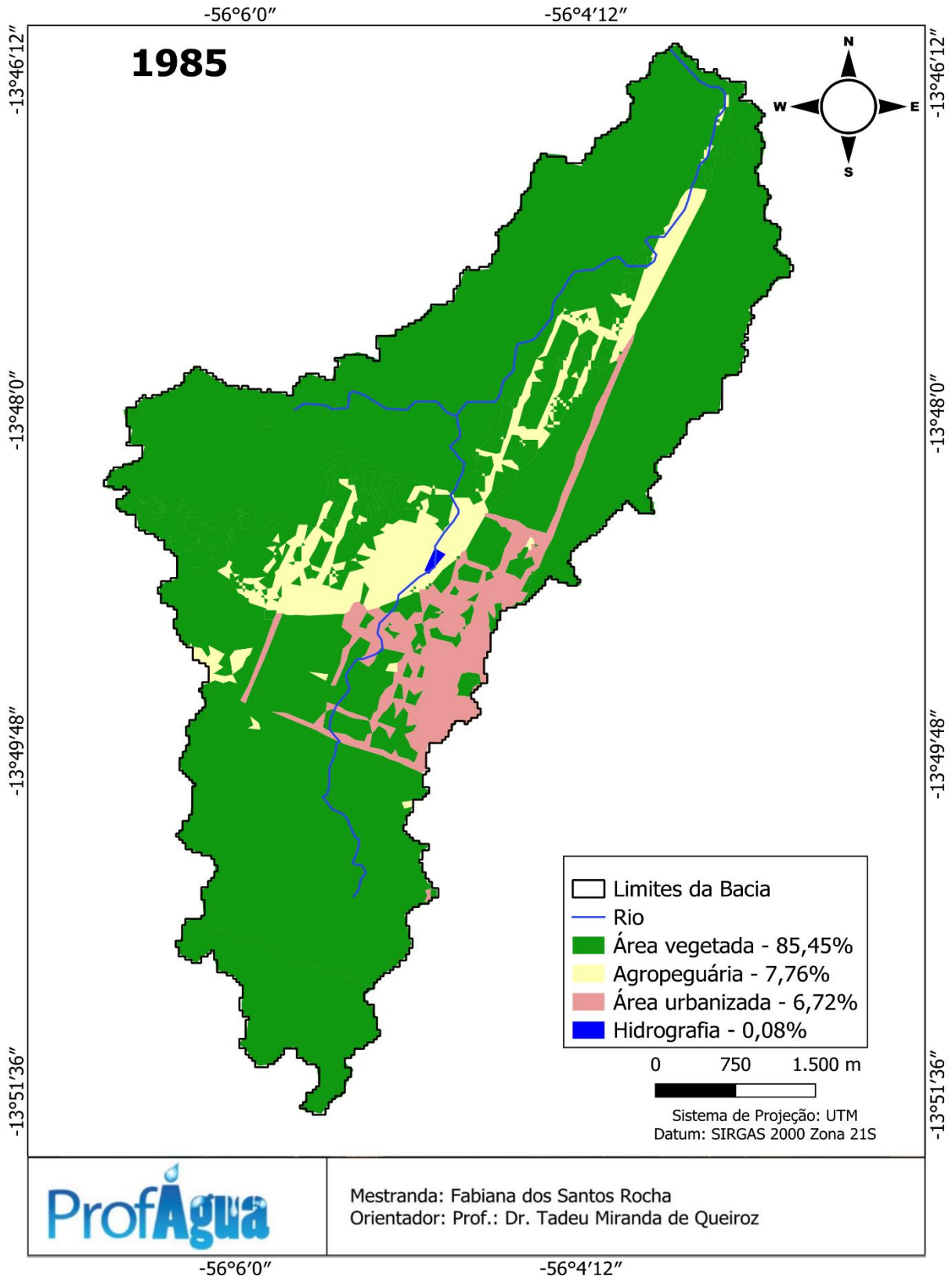
Portal Brasileiro de Dados Abertos. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/monografias-de-agrotoxicos>.

Relatório Técnico Consolidado de Clima para o Estado de Mato Grosso. Disponível em: <http://www.dados.mt.gov.br/publicacoes/dsee/climatologia/rt/DSEE-CL-RT-002.pdf>.

Senado Federal, Biblioteca Digital. Agrotóxico endosulfan será banido no Brasil em 2013; demora é criticada. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/350937>.

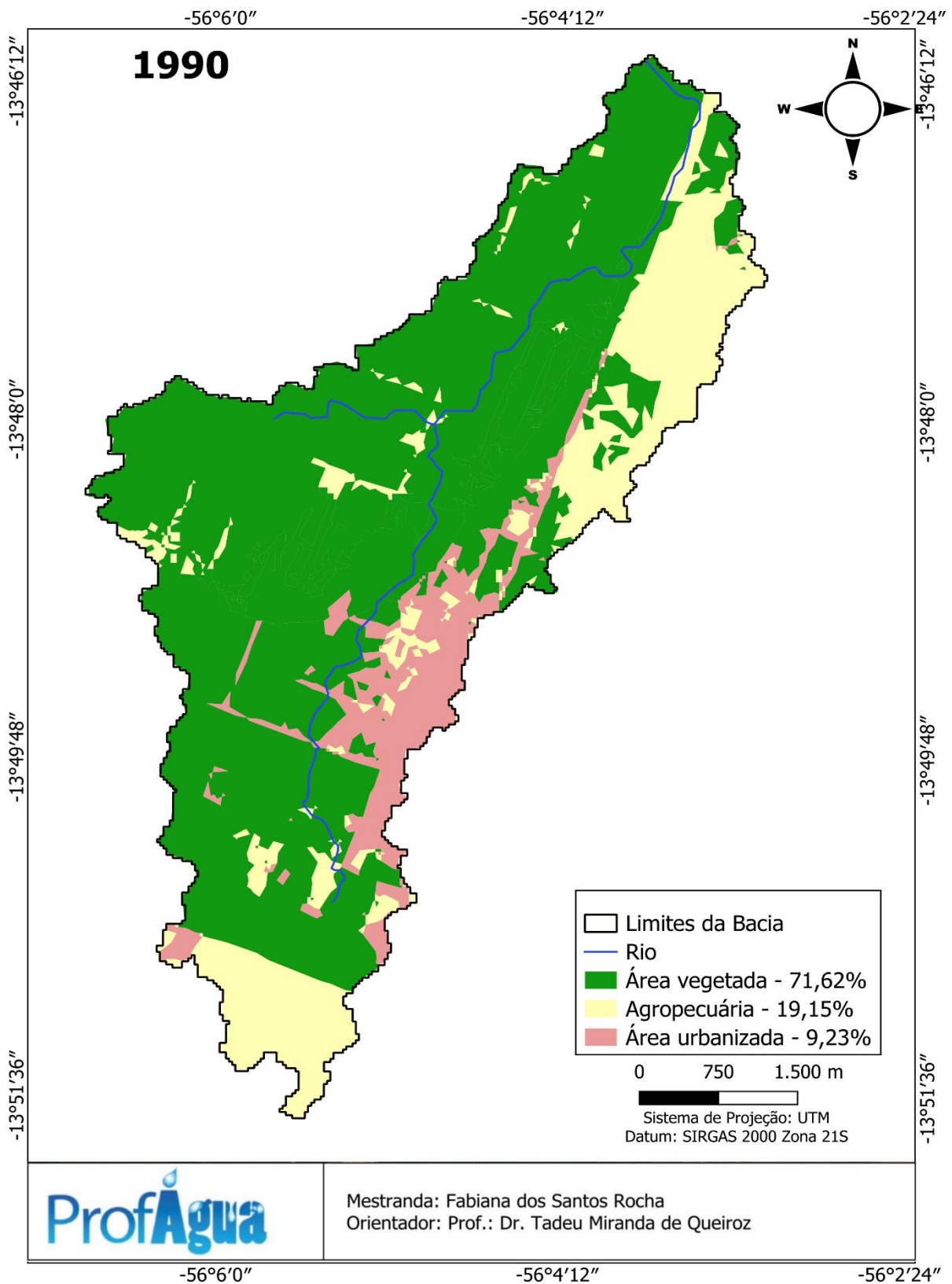
Serviço Agrícola y Ganadero – SAG. Disponível em: <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros>

ANEXOS



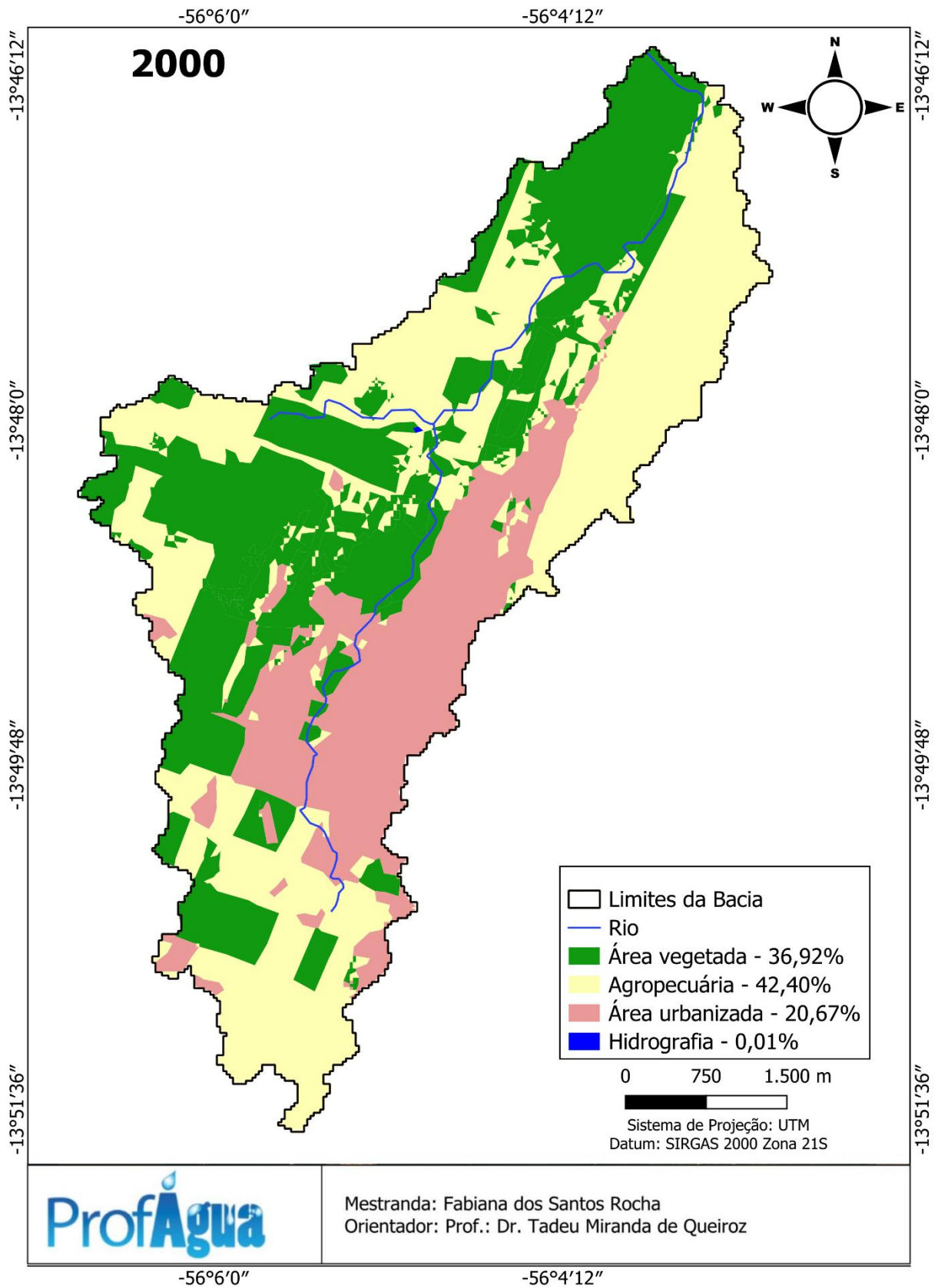
Mapa 1. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 1985.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



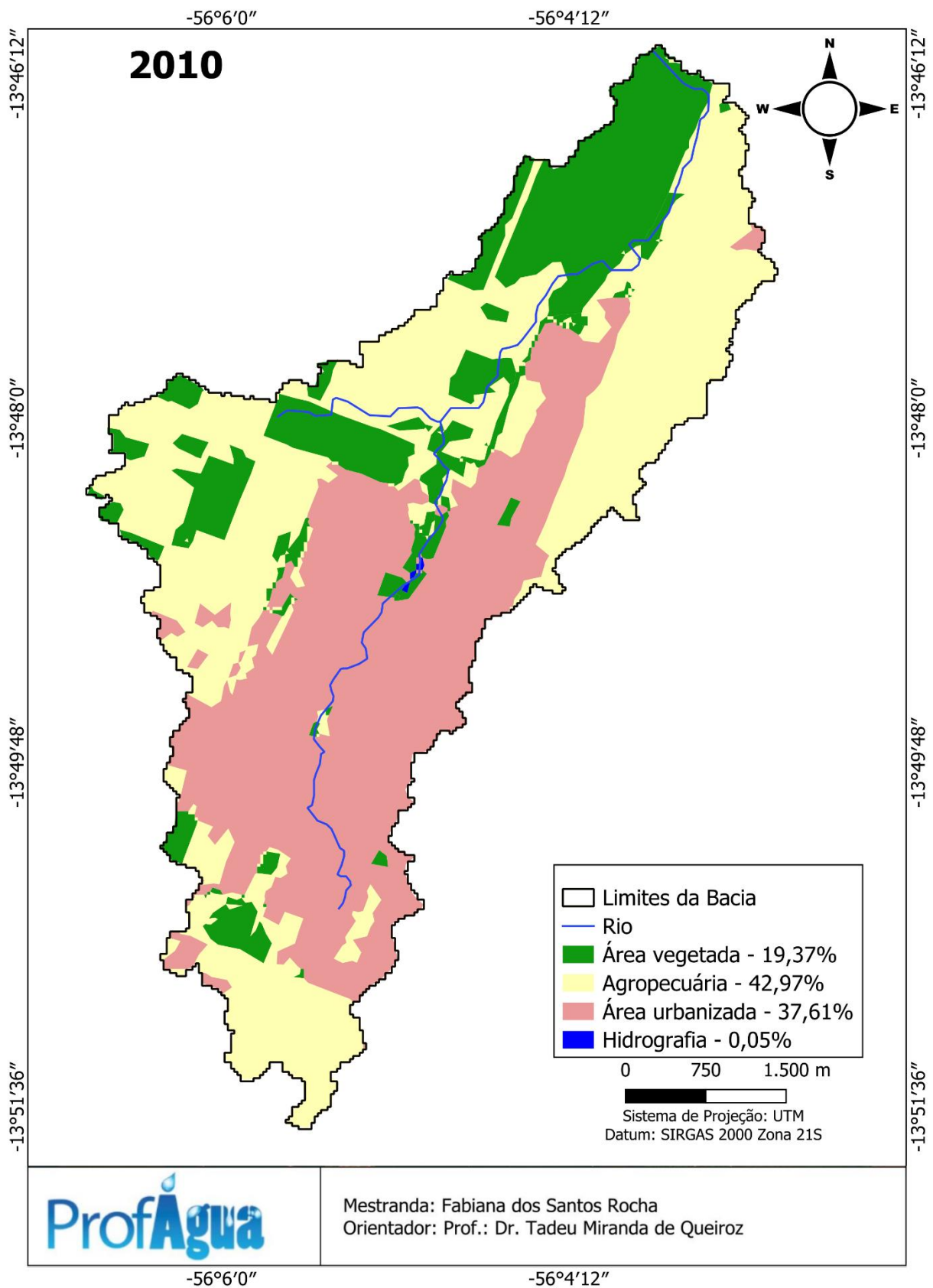
Mapa 2. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 1990.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



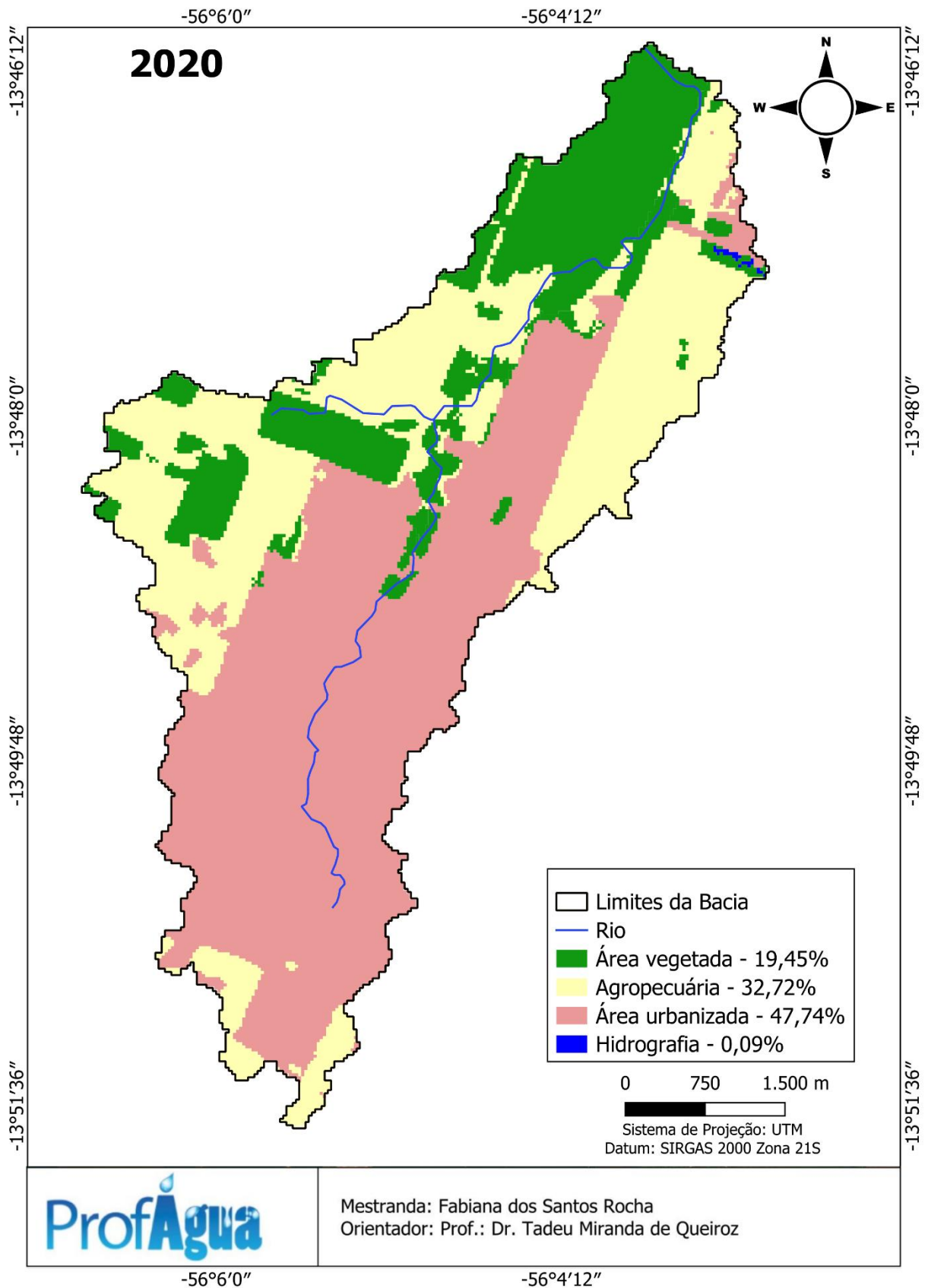
Mapa 3. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2000.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



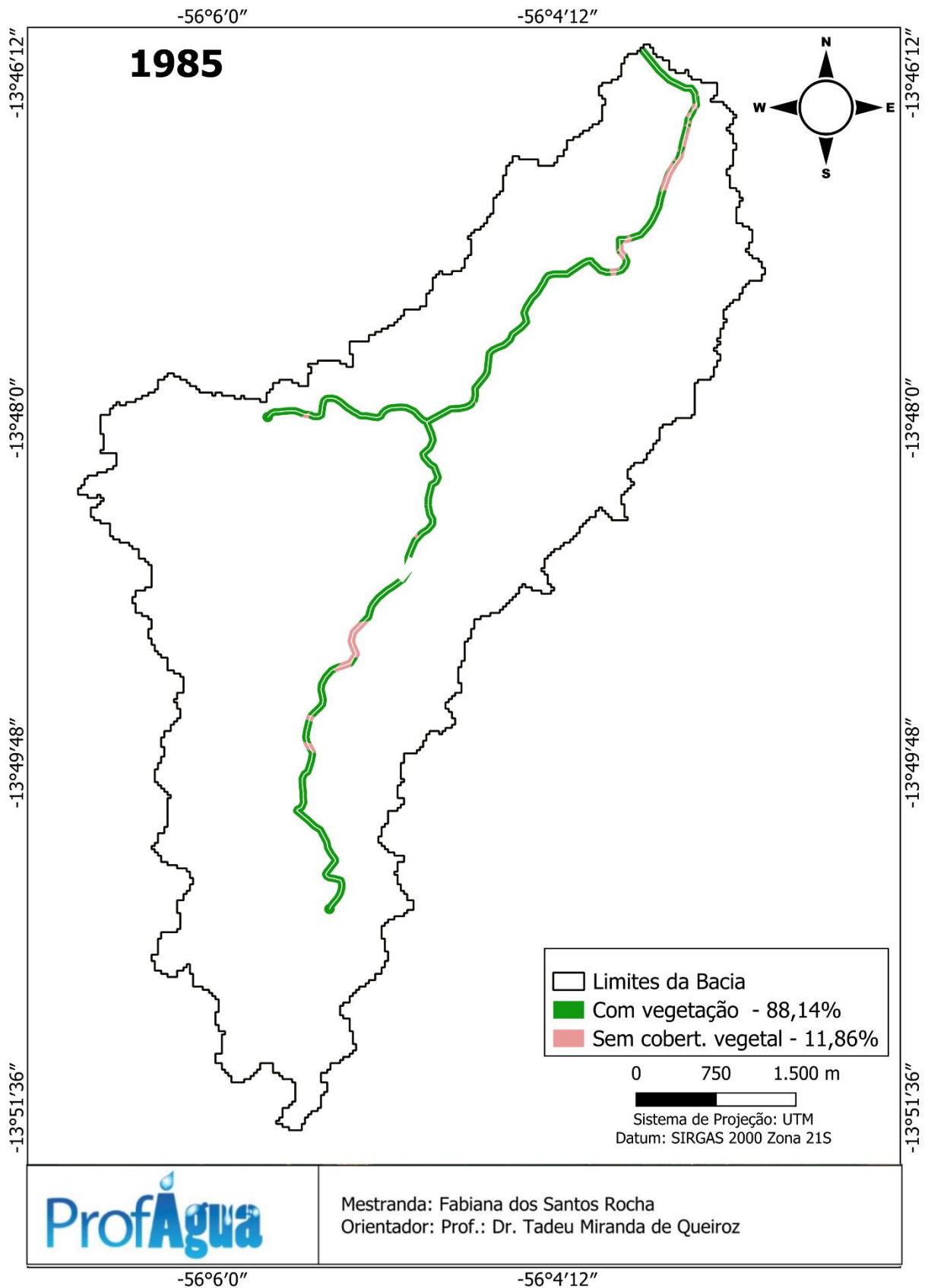
Mapa 4. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2010.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



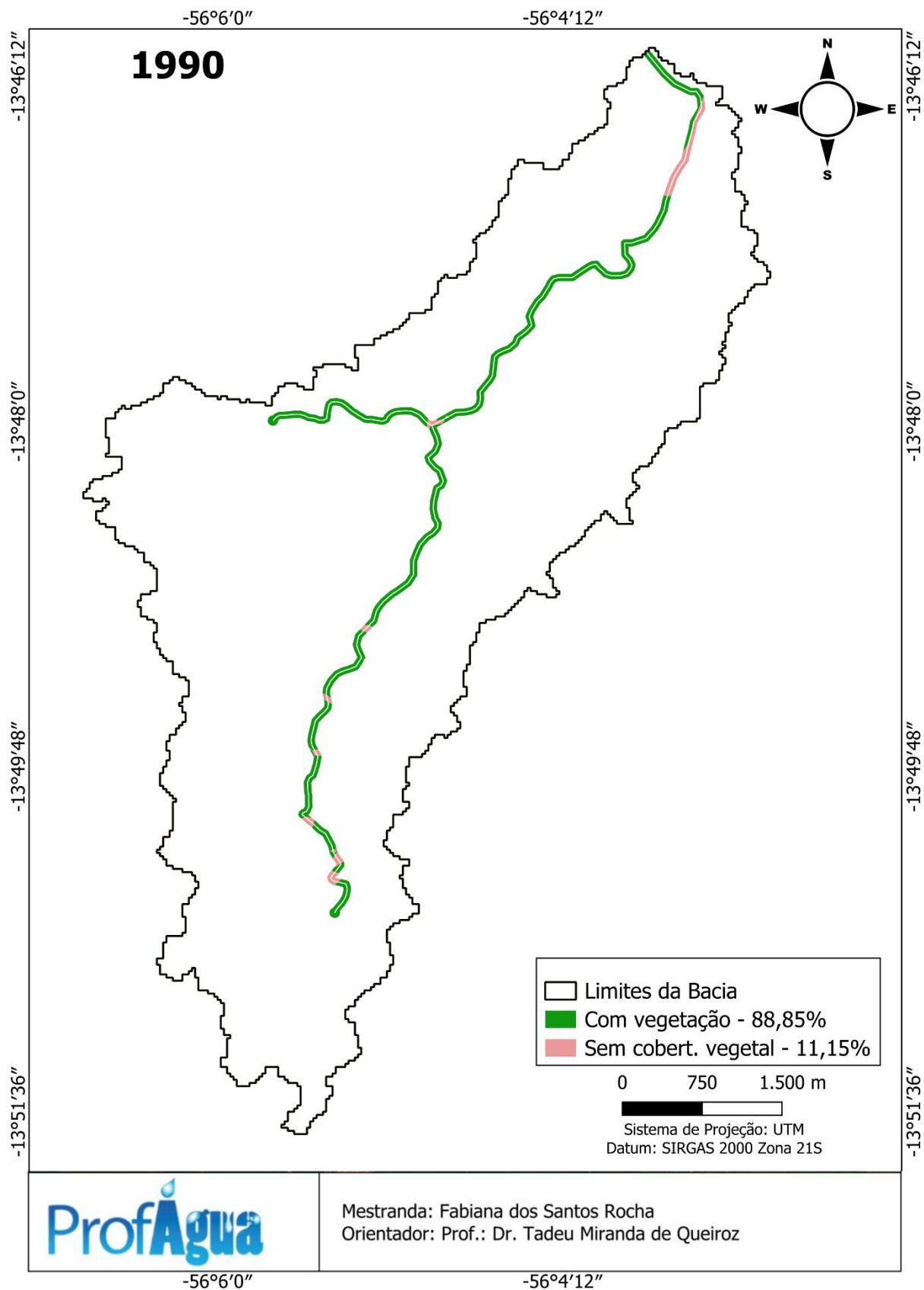
Mapa 5. Uso e ocupação do solo na região da Bacia Hidrográfica do Riacho Bujuzinho – 2020.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



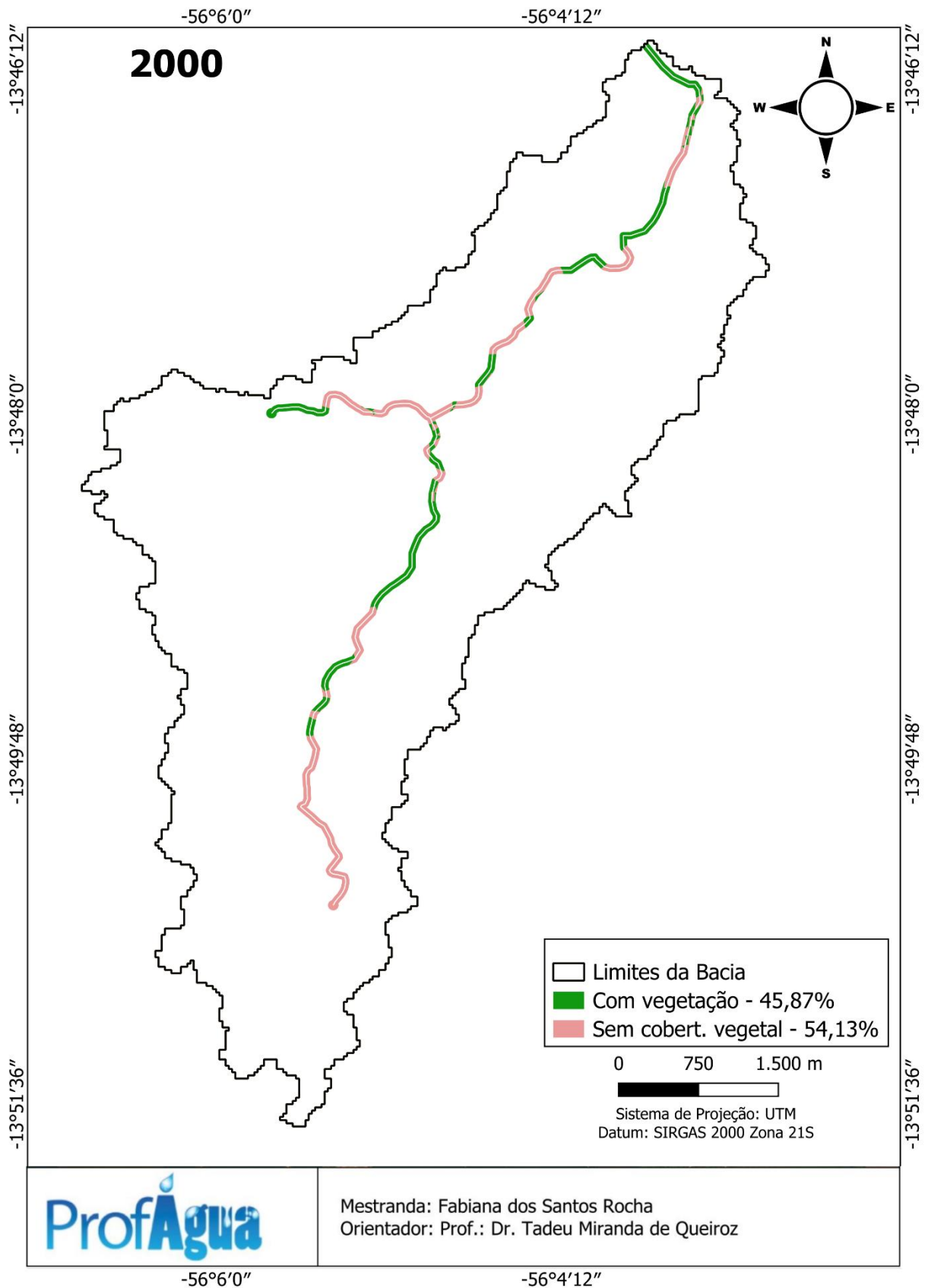
Mapa 6. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho – 1985.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



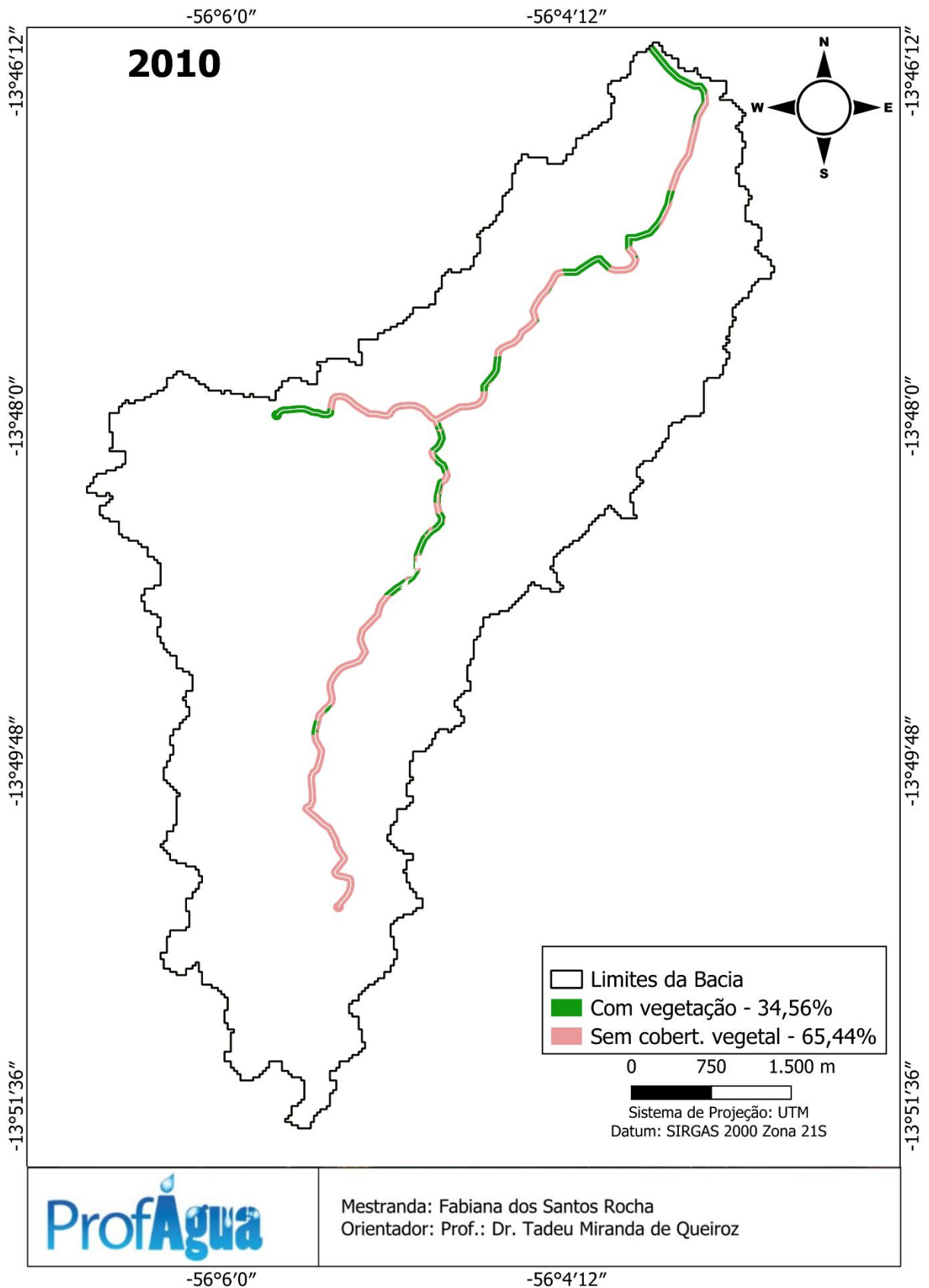
Mapa 7. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho –1990.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



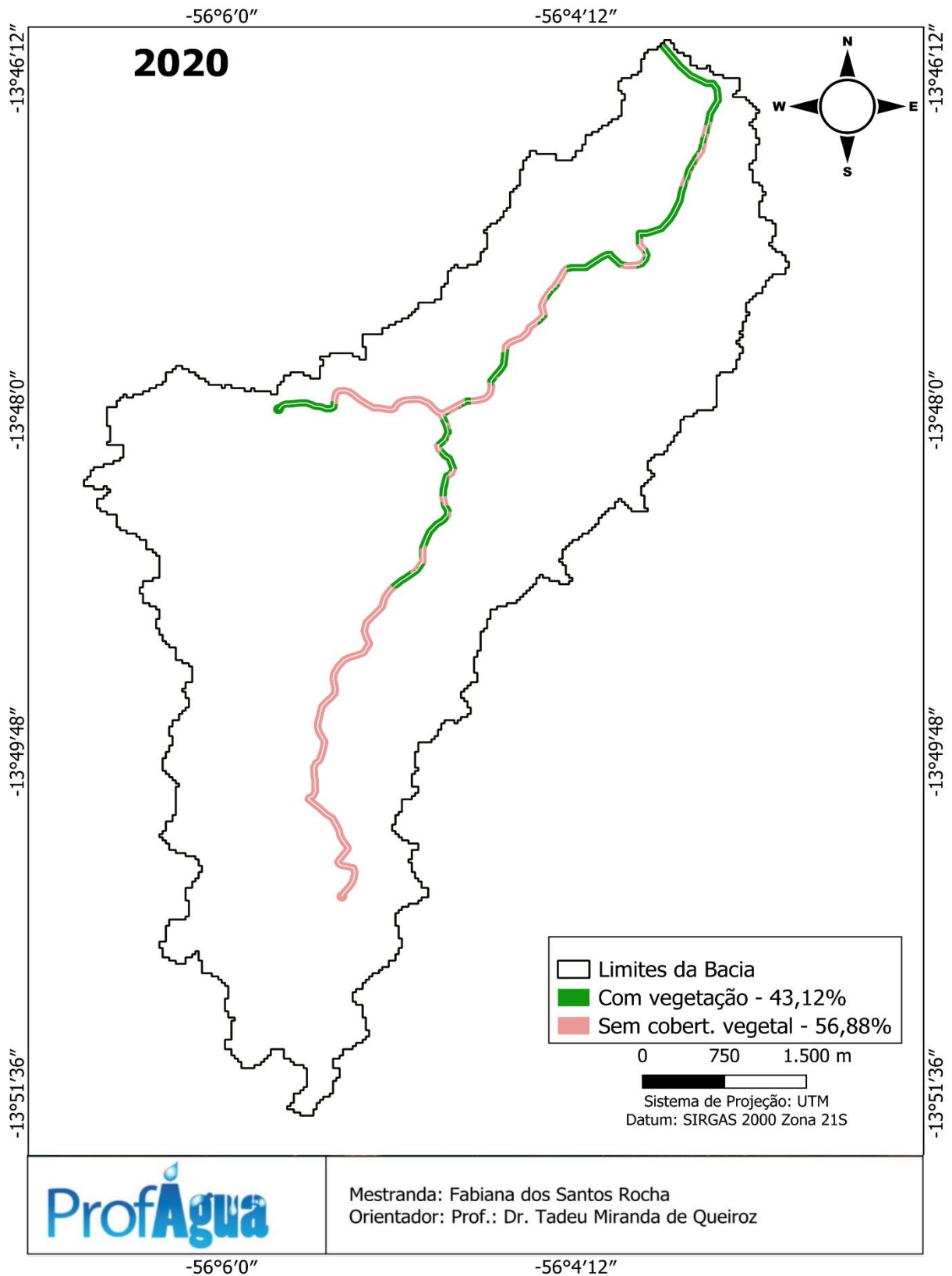
Mapa 8. Delimitação das APPs no Riacho Bujuizinho –2000.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



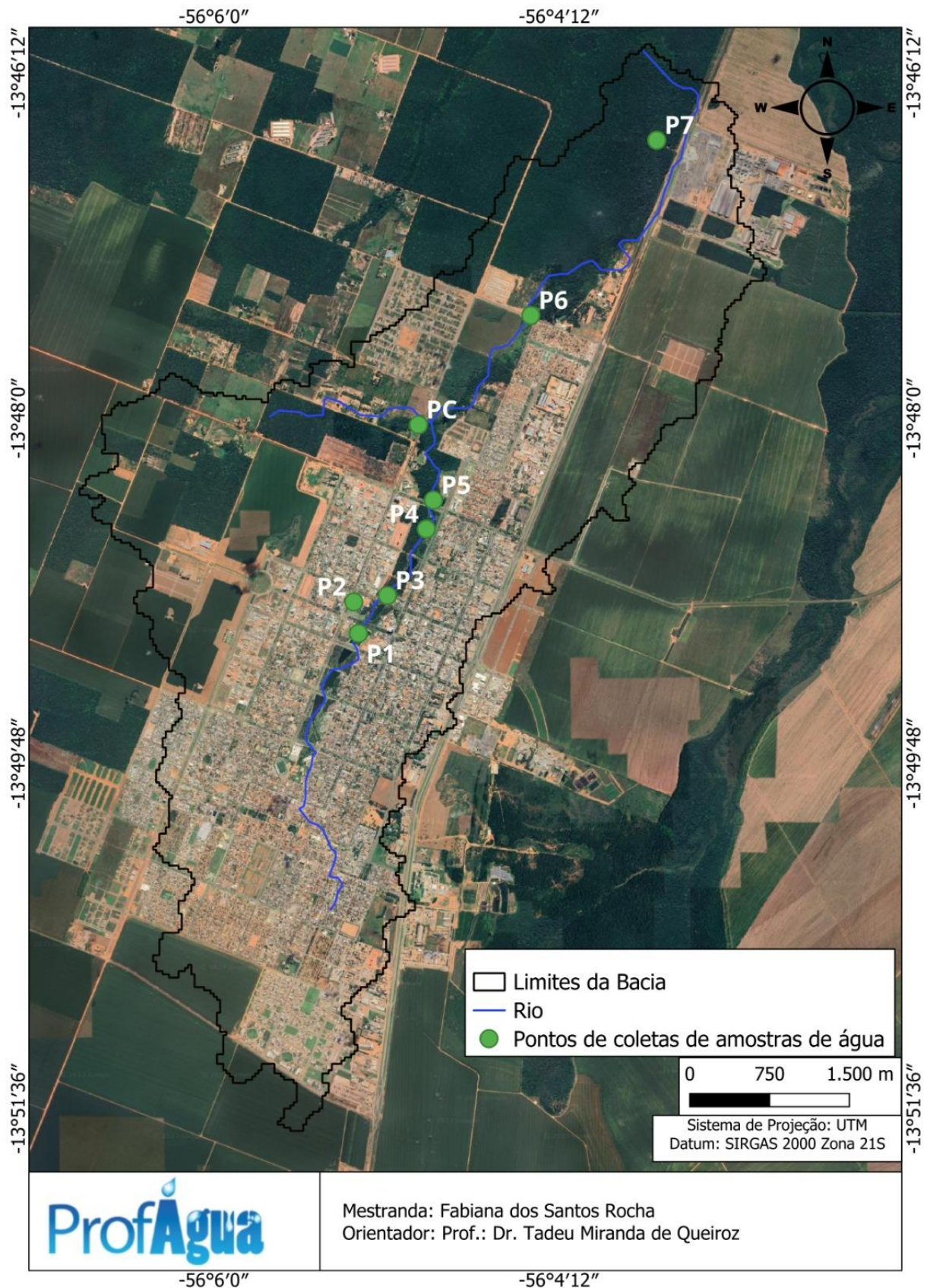
Mapa 9. Delimitação das APPs no Riacho Bujuzinho – 2010.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



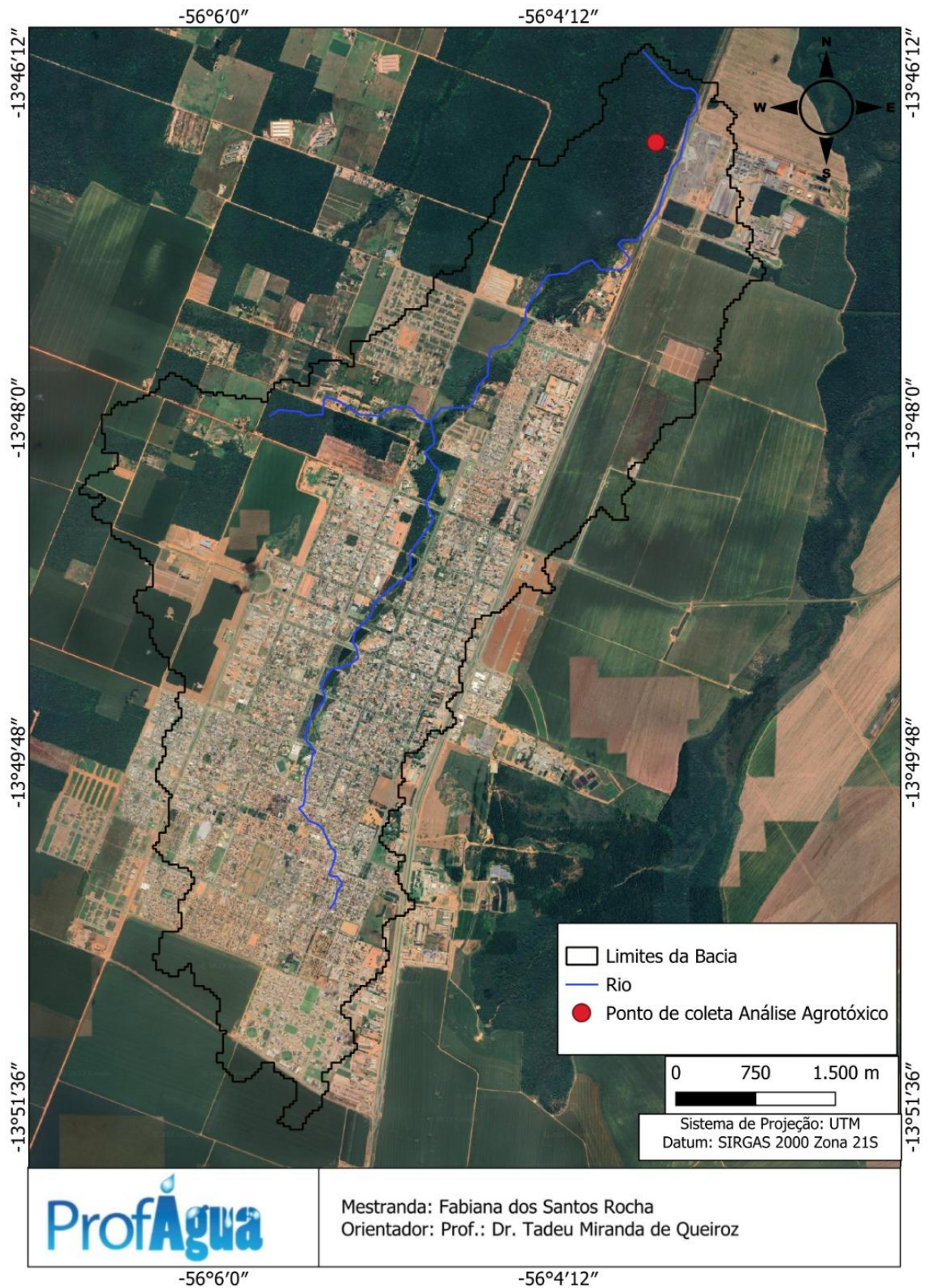
Mapa 10. Delimitação das APPs no Riacho Bujuzinho –2020.

FONTE: Elaborado pela autora (2023)



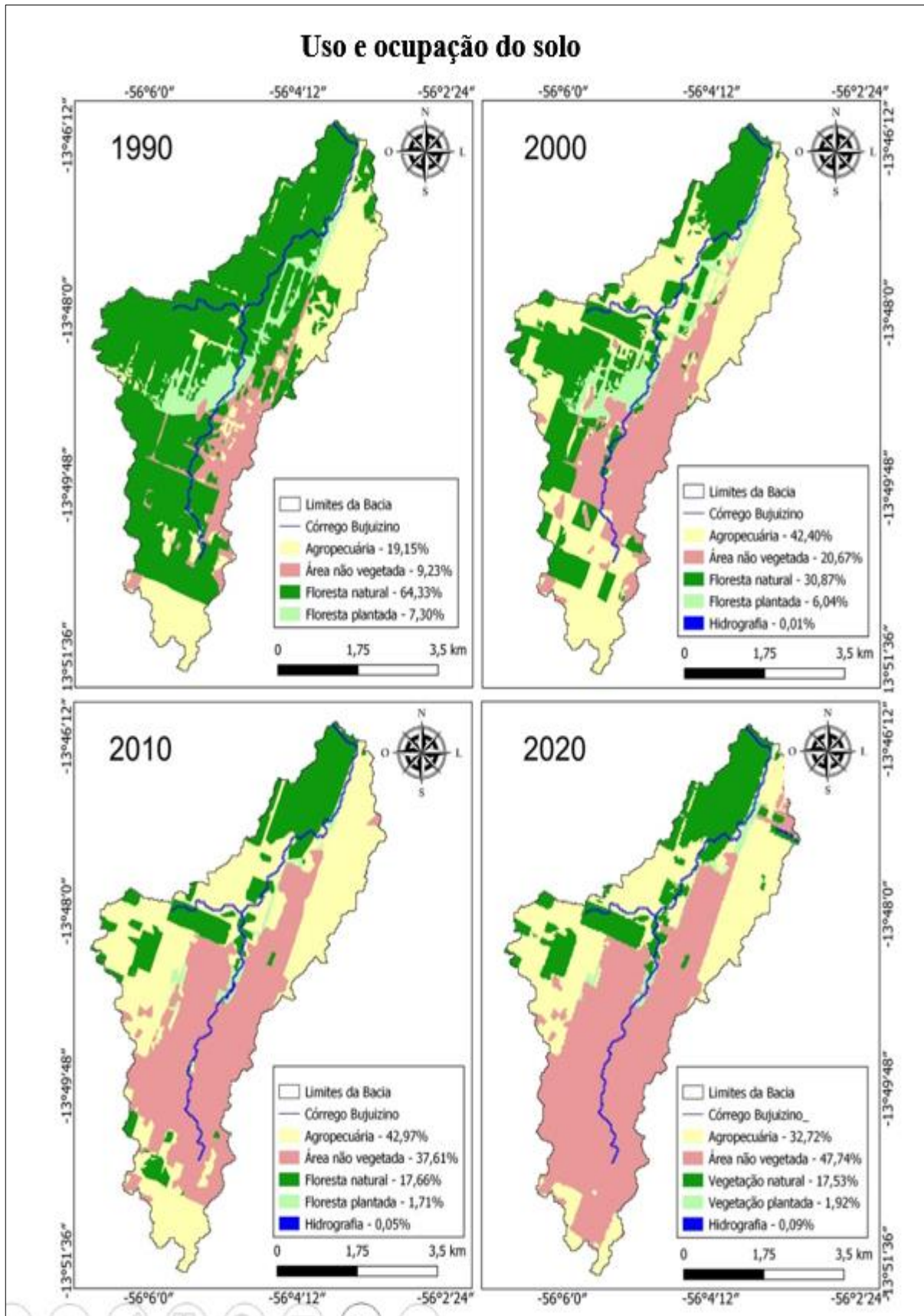
Mapa 11. Localização dos pontos de coletas.

FONTE: Adaptada do Google Earth (2023).



Mapa 12. Bacia hidrográfica do córrego Bujuzinho e localização do ponto de coleta.

FONTE: Adaptado do Google Earth (2022).



Mapa 13. Uso e ocupação do solo na bacia do córrego Bujuizinho.

FONTE: Elaborado pela autora (2022)