



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE

HELOÍSA RODRIGUES NASCIMENTO

A PAISAGEM CÁRSTICA DA BACIA DO RIO SOBRADO, REGIÃO SUDESTE
DO TOCANTINS, SOB A ÓTICA DA GEOECOLOGIA DA PAISAGEM

Palmas-TO

2024

HELOÍSA RODRIGUES NASCIMENTO

A PAISAGEM CÁRSTICA DA BACIA DO RIO SOBRADO, REGIÃO SUDESTE
DO TOCANTINS, SOB A ÓTICA DA GEOECOLOGIA DA PAISAGEM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutora em Ciências do Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Moraes.

Palmas - TO

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R696p Rodrigues Nascimento, Heloisa.

A PAISAGEM CÁRSTICA DA BACIA DO RIO SOBRADO, REGIÃO SUDESTE DO TOCANTINS, SOB A ÓTICA DA GEOECOLOGIA DA PAISAGEM. / Heloisa Rodrigues Nascimento. – Palmas, TO, 2024.

364 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciências do Ambiente, 2024.

Orientador: Fernando de Moraes

1. Unidades Geoecológicas. 2. Carste. 3. Cavernas. 4. Métricas da Paisagem. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

HELOÍSA RODRIGUES NASCIMENTO

A paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado, região sudeste do Tocantins, sob a ótica da
Geoecologia da Paisagem

Tese aprovada como requisito parcial
para obtenção do grau de Doutora no
curso de Doutorado em Ciências do
Ambiente, da Universidade Federal do
Tocantins, na linha de pesquisa
Biodiversidade e Recursos Naturais.

Data de Aprovação: 06/03/2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Fernando de Moraes, Orientador, UFT

Profa. Dra. Ângela Terumi Fushita, Examinadora, UFABC

Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza, Examinador, UFT

Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos, Examinador, PUC-MG

Prof. Dr. Tulio Dornas de Oliveira, Examinador, UFT

Prof. Dr. Rodolfo Alves da Luz, Suplente, UFT

Profa. Dra. Luciana Martins Freira, Suplente, UFPA

Às minhas filhas, Damares e Marina, ao meu companheiro, Daniel, à
minha querida tia Ana (*in memoriam*) e aos meus pais, Rosalina e
Wilson, pelo apoio, pelo incentivo e pelo carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida e por mais uma oportunidade na busca pelo conhecimento profissional e pessoal, além das inúmeras bênçãos concedidas em todo esse período. Ao Senhor, minha gratidão!

Ao meu Anjo da Guarda, pela proteção concedida, principalmente pela força e pelo apoio proporcionados para superar as dificuldades.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – *campus* Palmas, pela concessão da licença para capacitação, que permitiu uma dedicação integral ao desenvolvimento da tese. E a bolsa do Programa Pró-Qualificar, pelo auxílio financeiro na realização das quatro etapas do trabalho de campo, aquisição de livros, equipamentos, entre outros.

Ao meu professor e orientador, Dr. Fernando de Moraes, pelo incentivo, pelo apoio e pela presença em todos os momentos da realização deste trabalho. Gratidão por todas as correções, direcionamentos na pesquisa e parceria nos artigos elaborados.

À minha família, em especial, minhas filhas Damares e Marina e o meu companheiro Daniel, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando, fonte de incentivo, ânimo e inspiração na caminhada para o desenvolvimento da tese e no trabalho de campo. Aos meus pais, irmãos, sobrinhos, Dayanne, Celes, Palmira, e demais familiares, pelo apoio, pela compreensão, pelas orações e pelo incentivo oferecido em todos os momentos.

Aos professores Dra. Ângela Fushita, Dr. Lucas Barbosa e Souza, Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos e Dr. Túlio Dornas, pela participação na banca final de avaliação da tese. E aos professores Dr. Rodolfo Alves da Luz e Dra. Luciana Martins Freire por terem aceitado o convite para serem suplentes. Gratidão!!

Aos professores Dra. Ângela Fushita, Dra. Karla Maria Silva de Faria, Dr. Lucas Barbosa e Souza e Dr. Túlio Dornas, pela participação da banca de qualificação e pelas contribuições valiosas para a melhoria da tese.

À professora Dra. Karla Maria Silva de Faria e ao professor Dr. Túlio Dornas, pelas contribuições para o enriquecimento do trabalho.

À Jaqueline Gomes Batista, por ter aceitado o convite para ensinar os procedimentos metodológicos na realização da compartimentação das unidades da paisagem e pelo auxílio nas dúvidas que envolveu essa etapa da pesquisa. Gratidão!

Ao Guia de Turismo do município de Aurora do Tocantins, Wagner Moura, pela presença em três etapas do trabalho de campo, sempre receptivo e aberto a repassar conhecimentos sobre a paisagem cárstica na bacia hidrográfica do rio Sobrado. Gratidão!

Ao colega Hugo Lopes de Oliveira, que compartilhou dados de sua pesquisa sobre as dolinas e contribuiu na identificação delas no decorrer do trabalho de campo.

Aos amigos da Coordenação dos Cursos Técnicos em Agrimensura do IFTO: Eduardo, Érika, Gabriel, Jonathas, Itamara, Lidiane, Luiz Antônio, Paulo Roberto e Zuleide. Aos professores que me substituíram no período de afastamento: Carolline Tresmann Cairo, Gabriel Antônio Ribeiro de Souza, Mariana de Souza Borges e Vicente de Paula Sousa Júnior.

Aos professores Alex Mota dos Santos e Nadyelle Curcino do Carmo, que me auxiliaram na etapa da classificação de imagens no SPRING para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

Ao professor Dr. Rodolfo Alves da Luz, por ter concedido a oportunidade de acompanhar as aulas na disciplina de Topografia para o curso de Geografia da UFT de Porto Nacional, a fim de cumprir os créditos na disciplina Estágio de Docência.

Ao professor César Augusto Reis do Laboratório da UERJ, que ministrou o curso de Ecologia da Paisagem: quantificando parâmetros espaciais, apresentando o *software* Fragstats e a interpretação dos resultados obtidos pelas métricas da paisagem.

À Alzira Teófilo, pela ajuda no acompanhamento e pelos cuidados no momento de recuperação da saúde da minha mãe.

Aos colegas da turma de doutorado e mestrado 2020, com os quais foi possível compartilhar conhecimentos na participação de diversos seminários nas disciplinas cursadas. Em especial, às minhas colegas da turma de doutorado, que sempre compartilham informações, apoio, incentivo e lembranças de datas importantes do programa. Admiro cada uma de vocês: Juliana, Súsie, Onésima, Daniela, Rebeca, Fábria e Luana.

Aos professores do curso de pós-graduação *stricto-sensu* em Ciências do Ambiente pela UFT, por todo o conhecimento compartilhado.

E, finalmente, a todos que contribuíram direta ou indiretamente na concretização deste trabalho. Gratidão!!!

RESUMO

As paisagens cársticas oferecem diversos recursos naturais e serviços ecossistêmicos. Por apresentar alta fragilidade, esses ambientes carecem de um planejamento integrado, de maneira a evitar ou mitigar os impactos ambientais decorrentes de sua ocupação. Para compreender a estrutura e a dinâmica da paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado, situada na região sudeste do estado do Tocantins, a Geoecologia da Paisagem apresenta-se como um modelo teórico e metodológico, visto que analisa a interação entre a dinâmica natural e a social. Para tanto, realizaram-se os procedimentos metodológicos envolvendo delimitação da área de estudo e levantamento das informações ambientais que caracterizam a bacia hidrográfica do rio Sobrado (BHRS); elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1985, 2000, 2015 e 2020; análise ecológica com ênfase nos resultados obtidos pelas métricas da paisagem; análise geográfica a partir da compartimentação das unidades geoecológicas da paisagem, utilizando a sobreposição dos temas: geomorfologia, declividade, hipsometria, geologia e solos, e posterior associação aos níveis de uso e ocupação da terra atual; elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos; e análise multitemporal do uso e da cobertura da terra e fragmentação para as unidades geoecológicas com presença de feições cársticas e atrativos turísticos. Foram identificadas 37 unidades geoecológicas na abrangência da BHRS, sendo a pastagem a classe de uso predominante na bacia. Verificou-se que as unidades geoecológicas situadas no topo da Serra Geral possuem como uso atual a agricultura temporária, porém as unidades situadas nas áreas de escarpa e próximas à Serra Geral apresentam a vegetação nativa preservada. Nas unidades com a presença de relevo suave a intermediário, ocorreu conversão das áreas de vegetação nativa em pastagens ou agricultura, seguida da ocorrência do processo de fragmentação dos remanescentes e diminuição de sua qualidade, principalmente substituição dos fragmentos da formação campestre e subdivisão dos fragmentos com área superior a 100 hectares para aqueles pertencentes à Formação Savânica e Florestal. A partir da sobreposição do mapa de unidades geoecológicas com o mapa exploratório de fenômenos cársticos, verificou-se que 14 unidades apresentam feições cársticas e atrativos turísticos em sua abrangência, com características que retratam a presença do Grupo Bambuí e do Grupo Urucuia, respectivamente, solos mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos e avanço das atividades humanas sobre a vegetação nativa e a fragmentação dos remanescentes. Tal situação gera efeitos negativos como modificação da paisagem e ampliação da pressão antrópica sobre a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos. Por outro lado, ainda predominam remanescentes das Formações Savânicas e Florestais vinculadas à existência de maciços de afloramento de rochas carbonáticas, matas ciliares e áreas com relevo movimentado. As informações obtidas poderão servir de subsídio para implantação do planejamento e gestão ambiental sustentável a fim de promover uso racional dos recursos naturais.

Palavras-chave: Unidades Geoecológicas. Carste. Cavernas. Métricas da paisagem. Geoecologia da Paisagem.

ABSTRACT

The karst landscapes offer diverse natural resources and ecosystem services. Because they are highly fragile, these environments need integrated planning to avoid or mitigate the environmental impacts of their occupation. To understand the structure and dynamics of the karst landscape of the Sobrado River watershed, located in the southeast region of the state of Tocantins, Landscape Geocology presents itself as a theoretical and methodological model since it analyzes the interaction between natural and social dynamics. To this end, methodological procedures were carried out involving the delimitation of the study area and a survey of the environmental information that characterizes the Sobrado River watershed (BHRS, in the original acronym); preparation of land use and land cover maps for the years 1985, 2000, 2015 and 2020; ecological analysis with an emphasis on the results obtained by landscape metrics; geographical analysis based on the compartmentalization of the geocological units of the landscape, using the overlapping of themes: geomorphology, declivity, hypsometry, geology and soils, and subsequent association with the levels of current land use and occupation; preparation of the exploratory map of karstic phenomena; and multitemporal analysis of land use and land cover and fragmentation for the geocological units with the presence of karst features and tourist attractions. Thirty-seven geocological units were identified in the BHRS, with pasture being the predominant use classification in the watershed. It was found that the geocological units located at the top of the Serra Geral are currently used for temporary agriculture. However, the units in the escarpment areas and near the Serra Geral have preserved native vegetation. In the units with gentle to intermediate relief, native vegetation areas have been converted into pastures or agriculture, followed by the occurrence of the process of fragmentation of the remnants and a decrease in their quality, mainly the replacement of fragments of the grassland formation and the subdivision of fragments with an area of more than 100 hectares into those belonging to the Savannah and Forest Formation. By overlaying the map of geocological units with the exploratory map of karstic phenomena, it was found that 14 units have karst features and tourist attractions within their scope, with characteristics that portray the presence of the Bambuí Group and the Urucuaia Group, respectively, soils that are more susceptible to the occurrence of erosive processes and the advance of human activities over native vegetation and the fragmentation of remnants. This situation has adverse effects, such as modifying the landscape and increasing human pressure on biodiversity and ecosystem services. On the other hand, remnants of the Savannah and Forest Formations still predominate, linked to massive outcrops of carbonate rocks, riparian forests, and areas with steep terrain. The information obtained can support the implementation of sustainable environmental planning and management to promote the rational use of natural resources.

Keywords: Geological Units. Karst. Cave. Landscape Metrics. Landscape Geocology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área cárstica Aurora do Tocantins.....	31
Figura 2 – Mapa de localização da bacia do rio Sobrado	37
Figura 3 – Principais cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Sobrado ..	38
Figura 4 – Mapa de distribuição das cavidades naturais subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Sobrado	39
Figura 5 – Mapa de precipitação pluviométrica média anual (2001-2021) da bacia hidrográfica do rio Sobrado.....	42
Figura 6 – Mapa das unidades geológicas na bacia hidrográfica do rio Sobrado	45
Figura 7 – Mapa das unidades de modelado geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Sobrado.....	49
Figura 8 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Sobrado.....	50
Figura 9 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Sobrado	51
Figura 10 – Mapa das classes de solo na bacia do rio Sobrado.....	53
Figura 11 – Mapa da distribuição das classes de vegetação na bacia hidrográfica do rio Sobrado.....	55
Figura 12 – Localização dos atrativos turísticos na abrangência da bacia do rio Sobrado	59
Figura 13 – Localização dos sítios arqueológicos na abrangência da bacia do rio Sobrado	60
Figura 14 – Uso da água do rio Sobrado na PCH Sobrado	61
Figura 15 – Equipamento para captação de água no rio Sobrado – Fazenda Tamburil .	62
Figura 16 – Pontos visitados no rio Sobrado.....	62
Figura 17 – Mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Sobrado.....	64
Figura 18 – Fatores geocológicos formadores da paisagem	68
Figura 19 – Síntese das etapas para aplicação da metodologia da Geoecologia da Paisagem.....	78
Figura 20 – Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto.....	86
Figura 21 – Exemplo de subsistemas de aquisição de dados e produção de informações por sensoriamento remoto	87
Figura 22 – Arquitetura do sistema de informação geográfica	89
Figura 23 – Utilização do SIG para análise e planejamento da paisagem.....	90
Figura 24 – Mapa de distribuição de cavernas no estado do Tocantins	95
Figura 25 – Fitofisionomias do Bioma Cerrado	102
Figura 26 – Aquisição de amostras durante a etapa de treinamento da classificação ..	103
Figura 27 – Fluxograma das etapas metodológicas da compartimentação das unidades	108
Figura 28 – Sequência de combinação dos planos de informação para obtenção do mapa das unidades da paisagem.....	110
Figura 29 – Procedimentos para a combinação das camadas.....	110
Figura 30 – Fluxograma do diagnóstico geocológico das unidades da paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado	114
Figura 31 – Imagem das cerâmicas na área da bacia do rio Sobrado.....	118
Figura 32 – Imagens da PCH-Sobrado no município de Taguatinga.....	118

Figura 33 – Imagens da PCH-Taguatinga no município de Taguatinga	119
Figura 34 – Pontos levantados em campo para validação das classes de uso e ocupação da terra	121
Figura 35 – Propriedades vinculadas à atividade pecuária na abrangência da BHRS .	123
Figura 36 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 1985	125
Figura 37 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 2000	126
Figura 38 – Áreas de pastagem na abrangência da bacia do rio Sobrado	127
Figura 39 – Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio Sobrado - ano 2015	128
Figura 40 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 2020	129
Figura 41 – Uso e ocupação ao redor de áreas com a presença de maciços de afloramento de rochas carbonáticas	131
Figura 42 – Área de queimadas na bacia do rio Sobrado	132
Figura 43 – Área com vegetação suprimida na bacia do rio Sobrado	133
Figura 44 – Entrada da RPPN Aurora Natura localizada em Aurora do Tocantins	142
Figura 45 – Localização das áreas com avaliação ecológica para implantação de novas unidades de conservação na região sudeste do Tocantins	143
Figura 46 – Exemplos das espécies arbóreas Imburana (a) e a Barriguda (b) na BHRS	144
Figura 47 – Presença das Matas Secas na abrangência da BHRS	145
Figura 48 – Mapa de evolução dos fragmentos por tamanho (área) e sobreposição com a localização das cavernas	146
Figura 49 – Exemplo da área de habitat do tiriba-do-paraná na BHRS e placa divulgando a ave como símbolo do município de Aurora do Tocantins	147
Figura 50 – Exemplos da área de habitat do mocó do Cerrado na BHRS.....	148
Figura 51 – Vista da paisagem no entorno do maciço de afloramento de rochas carbonáticas onde se localiza a Gruta dos Moura – Aurora Tocantins	149
Figura 52 - Mapa das unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado	157
Figura 53 – Mapa da unidade 1	158
Figura 54 – Mapa da unidade 2	159
Figura 55 – Mapa da unidade 3	160
Figura 56 – Mapa da unidade 4	161
Figura 57 – Mapa da unidade 5, 5a, 5b, 5c.....	162
Figura 58 – Mapa da unidade 6	164
Figura 59 – Mapa da unidade 7	166
Figura 60 – Mapa da unidade 8	167
Figura 61 – Mapa da unidade 9	169
Figura 62 – Mapa da unidade 9a	170
Figura 63 – Ponte sobre o ribeirão do Abreu na TO-110, próximo à área urbana de Taguatinga	171
Figura 64 – Mapa da unidade 9b	172
Figura 65 – Mapa da unidade 10	173
Figura 66 – Mapa da unidade 11	174
Figura 67 – Mapa da unidade 11a	175
Figura 68 – Mapa da unidade 12	176
Figura 69 – Mapa da unidade 12a	177
Figura 70 – Mapa da unidade 13	178
Figura 71 – Mapa da unidade 14	180

Figura 72 – Mapa da unidade 14a	181
Figura 73 – Mapa da unidade 14b	182
Figura 74 – Mapa da unidade 14c	183
Figura 75 – Mapa da unidade 14d	184
Figura 76 – Mapa da unidade 14e	185
Figura 77 – Mapa da unidade 14f.....	186
Figura 78 – Mapa da unidade 14g	187
Figura 79 – Mapa da unidade 14h	188
Figura 80 – Mapa da unidade 15	189
Figura 81 – Mapa da unidade 15a	190
Figura 82 – Mapa da unidade 16	191
Figura 83 – Mapa da unidade 16a	192
Figura 84 – Mapa da unidade 16b	193
Figura 85 – Mapa da unidade 16c	194
Figura 86 – Áreas com prática de agricultura no topo do Chapadão Ocidental Baiano	195
Figura 87 – Desmoronamento ocorrido em novembro de 2023 na Serra Geral.....	196
Figura 88 – Imagens das áreas de escarpa da Serra de Taguatinga e Serra Geral.....	197
Figura 89 – Áreas antropizadas e com vegetação nas proximidades da Serra Geral ...	197
Figura 90 – Imagens da paisagem próxima da Serra Geral, figura à direita, e aparecimento dos maciços de afloramento de rochas carbonáticas, figura à esquerda.....	198
Figura 91 – Área urbana do município de Taguatinga - Tocantins	199
Figura 92 – Área com presença processos erosivos na unidade geocológica 7_3.....	201
Figura 93 – Mapa de estado ambiental da bacia do rio Sobrado	204
Figura 94 – Ponto 24 sobre a ponte do rio Sobrado TO-110.....	215
Figura 95 – Ponto 36 na Gruta dos Caldeirões	215
Figura 96 – Ponto 40 localizado em estrada vicinal	216
Figura 97 – Ponto 41 localizado em estrada vicinal continuidade do ponto 40	216
Figura 98 – Ponto 95 localizado na Fazenda Veneranda.....	217
Figura 99 – Gruta do Urso e a Gruta dos Moura no município de Aurora do Tocantins	218
Figura 100 – Ponto 118 no cruzamento de estrada na Fazenda Timbó.....	218
Figura 101 – Ponto 120 localizado na estrada vicinal da Fazenda São Geraldo	219
Figura 102 – Ponto 121 localizado em estrada vicinal	219
Figura 103 – Ponto 122 localizado em estrada vicinal	220
Figura 104 – Ponto 123 localizado em estrada vicinal no maciço da Gruta do Tarumã	220
Figura 105 – Pontos 124 e 125 localizados em estrada vicinal na propriedade do Senhor Vitorino.....	221
Figura 106 – Ponto 126 localizado em estrada vicinal	222
Figura 107 – Ponto 127 localizado em estrada vicinal	222
Figura 108 – Ponto 128 localizado em estrada vicinal	223
Figura 109 – Pontos 130, 132 e 133 em estrada vicinal	223
Figura 110 – Ponto 134 em estrada vicinal atrás do balneário rio Azuis	224
Figura 111 – Ponto 135 em estrada vicinal sobre o maciço com lapiás	224
Figura 112 – Pontos 150 e 151 em estrada vicinal	225
Figura 113 – Ponto 158 em estrada vicinal	225
Figura 114 – Ponto 159 e 160 às margens da rodovia TO-110	226

Figura 115 – Imagens de construções no balneário do rio Azuis	226
Figura 116 – Ponto 161 no balneário rio Azuis.....	227
Figura 117 – Ponto 168 localizado às margens da rodovia BR-242	227
Figura 118 – Ponto 183 situado em estrada vicinal próxima ao rio Azuis	228
Figura 119 – Ponto 186 situado em estrada vicinal na Fazenda Timbó	228
Figura 120 – Ponto 189 localizado em estrada vicinal sentido Fazenda da Barra	229
Figura 121 – Pontos 190 e 191 em estrada vicinal e Fazenda Tamburil	230
Figura 122 – Ponto 192 situado em estrada vicinal.....	230
Figura 123 – Ponto 193 situado em estrada vicinal.....	231
Figura 124 – Ponto 194 situado próximo à sede da Fazenda Timbó.....	231
Figura 125 – Ponto 161 localizado no rio Azuis	232
Figura 126 – Dolina identificada no ponto 136.....	233
Figura 127 – Dolina identificada no ponto 163	234
Figura 128 – Dolina identificada no ponto 165	234
Figura 129 – Dolina identificada no ponto 166.....	235
Figura 130 – Dolina identificada no ponto 167	236
Figura 131 – Dolina identificada no ponto 169	236
Figura 132 – Dolina identificada no ponto 174.....	237
Figura 133 – Imagem da árvore Barriguda próxima à dolina do ponto 174	237
Figura 134 – Dolina identificada no ponto 175	238
Figura 135 – Dolina identificada no ponto 183	239
Figura 136 – Dolina identificada no ponto 184.....	239
Figura 137 – Dolina identificada no ponto 186.....	240
Figura 138 – Dolina identificada no ponto 188.....	241
Figura 139 – Dolina identificada no ponto 181	241
Figura 140 – Dolina identificada no ponto 200.....	242
Figura 141 – Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da bacia do rio Sobrado ...	243
Figura 142 – Uso e cobertura da terra para o ano de 1985 e 2020 e a sobreposição com as unidades geológicas da BHRS	245
Figura 143 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 3_2 para 1985 e 2020	247
Figura 144 – Cidade dos Totens localizada na unidade geológica 3_2	247
Figura 145 – Exemplos das feições cársticas presentes na BHRS	248
Figura 146 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 5 para 1985 e 2020	248
Figura 147 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 7_2 para 1985 e 2020	250
Figura 148 – Diferentes formas de uso e ocupação na unidade geológica 7_2	251
Figura 149 – Maciços de afloramento de rochas carbonáticas na BHRS.....	252
Figura 150 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9 para 1985 e 2020	252
Figura 151 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 9.....	253
Figura 152 – Cavernas visitadas na unidade geológica 9_1	254
Figura 153 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 9_1	256
Figura 154 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9a para 1985 e 2020	257
Figura 155 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 9a.....	257
Figura 156 – Dolina e sumidouro na unidade geológica 5 e 9a.....	259
Figura 157 – Pinturas rupestres no Abrigo dos Tapuios e Gruta dos Caldeirões localizados em Taguatinga - TO.....	260
Figura 158 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9b para 1985 e 2020	261
Figura 159 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 9b_1	262

Figura 160 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_3.....	263
Figura 161 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_4.....	264
Figura 162 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_6.....	265
Figura 163 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 10 para 1985 e 2020	266
Figura 164 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 10.....	267
Figura 165 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 11 para 1985 e 2020	268
Figura 166 – Maciço de afloramento de rochas carbonáticas na unidade geocológica 11	269
Figura 167 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14 para 1985 e 2020	269
Figura 168 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14.....	270
Figura 169 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_1.....	271
Figura 170 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_2.....	272
Figura 171 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_3.....	273
Figura 172 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_4.....	274
Figura 173 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_5.....	274
Figura 174 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_6.....	275
Figura 175 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14b para 1985 e 2020	277
Figura 176 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_1.....	277
Figura 177 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_2.....	278
Figura 178 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_3.....	279
Figura 179 – Uso e ocupação da unidade geocológica 14b_4.....	280
Figura 180 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_5.....	281
Figura 181 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_7.....	282
Figura 182 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14c para 1985 e 2020	283
Figura 183 – Uso e ocupação da terra nas unidades geocológicas 14c_1 e 14c_2.....	285
Figura 184 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14f_3 para 1985 e 2020 ...	285
Figura 185 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 16b_3 para 1985 e 2020 ..	286
Figura 186 – Poço dos Amores e Cachoeira do Registro	287
Figura 187 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 16a_1	287
Figura 188 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 16a_1 para 1985 e 2020 ..	288
Figura 189 – Exemplos do avanço da pastagem sobre os maciços na BHRS.....	288

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição das formações geológicas do Grupo Bambuí	43
Quadro 2 – Características das unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Sobrado	44
Quadro 3 – Categorias geomorfológicas presentes na área da bacia do rio Sobrado	46
Quadro 4 – Conceitos de geossistema encontrados na literatura.....	73
Quadro 5 – Síntese dos potenciais impactos das atividades antrópicas sobre o carste ..	94
Quadro 6 – Estações utilizadas para elaboração do mapa de precipitação.....	98
Quadro 7 – Dados das imagens do satélite Landsat utilizadas no trabalho	99
Quadro 8 – Dados utilizados na classificação das imagens no software Spring	100
Quadro 9 – Chaves de interpretação do bioma Cerrado	101
Quadro 10 – Métricas da estrutura da paisagem na bacia do rio Sobrado.....	105
Quadro 11 – Classes de declividade	109
Quadro 12 – Gêneros da produção agrícola dos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins no ano de 2020.....	115
Quadro 13 – Unidades da paisagem delimitadas a partir dos dados de geomorfologia	151
Quadro 14 – Unidades da paisagem delimitada a partir dos dados de geologia e solos	151
Quadro 15 – Apresentação das unidades geológicas da paisagem da bacia hidrográfica do rio Sobrado	153
Quadro 16 – Associação dos níveis de ocupação do solo aos níveis de estado ambiental	202
Quadro 17 – Diagnóstico das unidades geológicas da paisagem da bacia do rio Sobrado.....	205
Quadro 18 – Diagnóstico geológico das unidades geológicas da paisagem da BHRS com presença de feições cársticas	290

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de área e percentual de ocupação das categorias de geomorfologia na bacia do rio Sobrado	47
Tabela 2 – Classes de declividade na bacia do rio Sobrado	48
Tabela 3 – Valores de área e percentual de ocupação das classes de solo na bacia do rio Sobrado.....	52
Tabela 4 – Evolução da quantidade de financiamentos concedidos a produtores e cooperativas entre 2016 e 2020 nos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins	116
Tabela 5 – Evolução na quantidade de financiamentos concedidos pelo PRONAF entre 2016 e 2020 nos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins	116
Tabela 6 – Evolução da população rural e urbana nos municípios com área predominante na bacia do rio Sobrado	119
Tabela 7 – Valores da acurácia global e índice Kappa para as classificações das imagens	120
Tabela 8 – A qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa	120
Tabela 9 – Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na bacia do rio Sobrado	136
Tabela 10 – Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020	137
Tabela 11 – Correlação entre as métricas das formações vegetais para o ano de 2020 da BHRS.....	141

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura média mensal na região da BHRS – 1991-2020	40
Gráfico 2 – Precipitação média mensal na região da BHRS – 1991 a 2020	41
Gráfico 3 – Levantamento do efetivo de rebanho bovino (cabeças)	117
Gráfico 4 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.....	119
Gráfico 5 – Evolução do uso antrópico e vegetação natural na BHRS	123
Gráfico 6 – Evolução da área ocupada pelas classes de uso na bacia do rio Sobrado .	130
Gráfico 7 – Área desmatada na bacia do rio Sobrado entre os anos de 2002 e 2020...	132
Gráfico 8 – Número de fragmentos (NP) do uso e cobertura na bacia do rio Sobrado	135
Gráfico 9 – Evolução da distância euclidiana média ao vizinho mais próximo a nível de classe.....	138
Gráfico 10 – Evolução da métrica total de área central a nível de classe.....	139
Gráfico 11 – Evolução do índice de forma médio a nível de classe.....	140
Gráfico 12 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 3_2.....	246
Gráfico 13 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 5.....	249
Gráfico 14 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 7_2.....	251
Gráfico 15 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9.....	253
Gráfico 16 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9_1.....	255
Gráfico 17 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9a.....	258
Gráfico 18 - Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_1	262
Gráfico 19 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_3.....	263
Gráfico 20 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_4.....	264
Gráfico 21 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_6.....	265
Gráfico 22 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 10.....	267
Gráfico 23 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 11.....	268
Gráfico 24 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14.....	270
Gráfico 25 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_1.....	271
Gráfico 26 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_2.....	272
Gráfico 27 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_3.....	273
Gráfico 28 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_4.....	274
Gráfico 29 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_5.....	275
Gráfico 30 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_6.....	276
Gráfico 31 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_1.....	278
Gráfico 32 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_2.....	279
Gráfico 33 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_3.....	280
Gráfico 34 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_4.....	281
Gráfico 35 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_5.....	282
Gráfico 36 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_7.....	282
Gráfico 37 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14c_1	284
Gráfico 38 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14c_2.....	284
Gráfico 39 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14f_3	285
Gráfico 40 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 16b_3.....	286
Gráfico 41 - Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 16a_1.....	288
Gráfico 42 – Evolução do número de fragmentos nas unidades geológicas com a presença de feições cársticas e atrativos turísticos na BHRS	289

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	28
1.1 Justificativa	32
1.2 Objetivos	35
1.2.1 Objetivo geral	35
1.2.2 Objetivos específicos	35
2 ÁREA DE ESTUDO	36
2.1 Características fisiográficas da área de estudo	40
2.1.1 Clima.....	40
2.1.1.1 <i>Precipitação Pluviométrica</i>	41
2.1.2 Geologia.....	43
2.1.3 Geomorfologia	46
2.1.4 Solos.....	52
2.1.5 Vegetação	54
2.1.6 Atrativos turísticos e sítios arqueológicos	56
2.1.7 Hidrografia.....	61
3 REFERENCIAL TEÓRICO	65
3.1 Paisagem	65
3.2 Cartografia de paisagem	68
3.3 Geossistemas	72
3.4 (Geo)Ecologia da Paisagem: uma abordagem sistêmica	74
3.4.1 Geoecologia da Paisagem: abordagem geográfica	75
3.4.2 Ecologia da Paisagem: abordagem ecológica	78
3.4.3 Fragmentação	81
3.5 Geotecnologias	83
3.5.1 Sensoriamento remoto	84
3.5.2 Sistema de informação geográfica	88
3.6 Carste	91
3.7 Carste no estado do Tocantins	94
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	97
4.1 Delimitação da bacia hidrográfica do rio Sobrado	97
4.2 Elaboração do mapa de precipitação pluviométrica	98
4.3 Processamento das imagens Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI	99

4.4	Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra	100
4.5	Quantificação da estrutura da paisagem	104
4.6	Compartimentação das unidades da paisagem	107
4.6.1	Etapa de organização e inventário	108
4.6.2	Etapa de análise	109
4.6.3	Etapa de diagnóstico	111
4.7	Elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos	111
4.8	Trabalho de campo	112
4.9	Análise multitemporal da dinâmica de uso e fragmentação das unidades geológicas com presença de feições cársticas e atrativos turísticos da bacia do rio Sobrado	113
5	USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO SOBRADO	115
5.1	Principais atividades econômicas e dinâmica populacional na bacia do rio Sobrado	115
5.2	Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado	120
5.3	Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia do rio Sobrado	122
6	ANÁLISE ECOLÓGICA DA PAISAGEM NA BACIA DO RIO SOBRADO	135
7	IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOBRADO	151
7.1	Descrição das unidades geológicas da paisagem da bacia do rio Sobrado	158
7.1.1	Unidade 1 – DEc Intermediário Média Urucuia Neossolo	158
7.1.2	Unidade 2 – DEc Suave Alta Urucuia Neossolo	159
7.1.3	Unidade 3 – Dc Intermediário Média Urucuia Neossolo	159
7.1.4	Unidade 4 – Dc Movimentado Média Urucuia Neossolo	161
7.1.5	Unidade 5 – Dt Suave Baixa Bambuí Cambissolo	161
7.1.6	Unidade 5a – Dt Suave Baixa Bambuí Latossolo	163
7.1.7	Unidade 5b – Dt Suave Baixa Bambuí Neossolo	163
7.1.8	Unidade 5c – Dt Suave Baixa CDL Latossolo	163
7.1.9	Unidade 6 – Kc Intermediário Média Urucuia Neossolo	164
7.1.10	Unidade 7 – Kc Suave Baixa Bambuí Neossolo	164
7.1.11	Unidade 8 – Kc Suave Média Bambuí Neossolo	166
7.1.12	Unidade 8a – Kc Suave Média CDL Neossolo	167
7.1.13	Unidade 8b – Kc Suave Média Urucuia Neossolo	168
7.1.14	Unidade 9 – Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento	168
7.1.15	Unidade 9a – Kd Suave Baixa Bambuí Cambissolo	169

7.1.16 Unidade 9b – Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo	171
7.1.17 Unidade 10 – Kd Suave Média Bambuí Neossolo	172
7.1.18 Unidade 11 – Pgi Intermediário Média Bambuí Neossolo	173
7.1.19 Unidade 11a – Pgi Intermediário Média Urucuia Neossolo	175
7.1.20 Unidade 12 – Pgi Movimentado Média Urucuia Latossolo.....	175
7.1.21 Unidade 12a – Pgi Movimentado Média Urucuia Neossolo	176
7.1.22 Unidade 13 – Pgi Suave Alta Urucuia Latossolo	177
7.1.23 Unidade 14 – Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo.....	179
7.1.24 Unidade 14a – Pri Intermediário Baixa Bambuí Latossolo	180
7.1.25 Unidade 14b – Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo.....	181
7.1.26 Unidade 14c – Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo	182
7.1.27 Unidade 14d – Pri Intermediário Baixa CDL Cambissolo	183
7.1.28 Unidade 14e – Pri Intermediário Baixa CDL Latossolo	184
7.1.29 Unidade 14f – Pri Intermediário Baixa CDL Neossolo	185
7.1.30 Unidade 14g – Pri Intermediário Baixa CDL Nitossolo.....	186
7.1.31 Unidade 14h – Pri Intermediário Baixa Urucuia Neossolo	187
7.1.32 Unidade 15 – Pri Suave Alta CDL Neossolo.....	188
7.1.33 Unidade 15a – Pri Suave Alta Urucuia Neossolo	189
7.1.34 Unidade 16 – Pri Suave Média Bambuí Gleissolo	190
7.1.35 Unidade 16a – Pri Suave Média Bambuí Neossolo	191
7.1.36 Unidade 16b – Pri Suave Média CDL Neossolo	192
7.1.37 Unidade 16c – Pri Suave Média Urucuia Neossolo.....	194
7.2 Diagnóstico geoecológico das unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado..	195
8 MAPA EXPLORATÓRIO DE FENÔMENOS CÁRSTICOS DA BACIA DO RIO SOBRADO	214
9 ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DE USO E FRAGMENTAÇÃO DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SOBRADO COM PRESENÇA DE FEIÇÕES CÁRSTICAS E ATRATIVOS TURÍSTICOS	244
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	294
REFERÊNCIAS	300
APÊNDICES	328

1 INTRODUÇÃO

As paisagens terrestres vêm passando por diversas alterações em decorrência da necessidade humana para desenvolver novas formas e meios de produção para a sobrevivência ou acumulação de capital. As relações estabelecidas no decorrer dos anos conduziram a um cenário de crise ambiental, estimulando a necessidade de conciliação do desenvolvimento socioeconômico com a sustentabilidade, na perspectiva de alcançar o equilíbrio sociedade-natureza e conservar áreas de relevância ambiental, sob perspectiva da biodiversidade, dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos prestados (Guerra; Marçal, 2018; Ross, 2006).

Entre as áreas que apresentam a importância da conservação dos recursos naturais, destacam-se as paisagens cársticas, desenvolvidas, em sua maior parte, sobre as rochas carbonáticas, que caracterizam ambientes com grande riqueza de espécies da fauna e da flora, com alta taxa de endemismo, fontes de água subterrânea e nascentes, minerais, presença de diversas feições de valor geocientífico e histórico-cultural. Destacam-se as cavernas, detentoras de importantes registros do passado e abrigo para diversos animais que habitam o meio subterrâneo (Souza; França; Auler, 2018).

A paisagem cárstica desenvolve-se a partir de processos de dissolução da rocha por meio da ação da água juntamente com as condições geológicas. É modelada principalmente por processos erosivos, originando, assim, feições típicas como dolinas, vales cegos, paredões, lapiás, sumidouros, além das cavernas, que integram o Patrimônio Espeleológico brasileiro (Piló; Auler, 2013; Santos; Ruchkys; Gomes, 2014).

Consideradas ambientes frágeis, as áreas cársticas possuem algumas peculiaridades, entre elas, o sistema hidrológico, que é predominantemente subterrâneo, que ocorre por meio de canais com fluxo hídrico por condutos e com a ausência de camadas para filtrar a água, antes de sua chegada aos aquíferos. Essa condição potencializa a propagação de poluentes que porventura possam atingir esses reservatórios (Ferreira, 2015; Piló; Auler, 2013).

As áreas cársticas sofrem com a ocupação desordenada da terra em virtude da expansão urbana, das atividades agrícolas, da captação de água subterrânea, da mineração, da agricultura, das atividades vinculadas ao turismo e, principalmente, da extração de calcários para correção da acidez do solo e uso na construção civil. Ademais, essas atividades são desenvolvidas de forma desorganizada. Em sua maioria, não há critérios técnicos adequados e nem planejamento, implicando processos que resultam em

acidentes geológicos que degradam as áreas de valor espeleológicos e poluem os aquíferos (Vestena; Kobiyama; Santos, 2002).

O uso e a ocupação das áreas cársticas chamam a atenção para a necessidade de planejamento, visando à conservação desses ambientes, pois todos recursos e serviços ecossistêmicos fornecidos pelo carste e pelas cavernas, em especial, não podem ser avaliados isoladamente, já que são interligados. Impactos em elementos individuais do ecossistema cárstico podem gerar consequências inesperadas sobre outros elementos ou mesmo sobre o ecossistema (Piló; Auler, 2019).

Diante disso, a análise de uma paisagem com a presença de feições cársticas exige abordagem sistêmica de seus componentes (físicos, biológicos e sociais) para auxiliar na caracterização física e ambiental, identificando, assim, os principais fatores de ordem natural ou antrópica que promovem a sua degradação (Hardt, 2008). As informações geradas subsidiarão ações de planejamento que possam elaborar instrumentos e incentivar a conservação dessas áreas.

As ferramentas proporcionadas pelas geotecnologias permitem obter informações espaciais sobre determinada área e suas especificidades, principalmente, quando se trata do levantamento de dados para análise de cunho ambiental (Bargos; Matias, 2012). Os instrumentos oferecidos pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG), pelo Sensoriamento Remoto, pela Cartografia possibilitam criação de um banco de dados geográficos, que incorpora diferentes variáveis ambientais e físicas, e permitem avaliação integrada para fornecer resultados importantes para tomada de decisão envolvendo recuperação e conservação das paisagens (Zhang *et al.*, 2017).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão é importante, pois constitui uma unidade espacial em que sociedade e natureza se integram. Pode ser analisada por várias ciências, com abordagem tanto para recursos hídricos formadores do sistema, quanto pelos elementos físicos e antrópicos que a caracterizam (Barbosa; Félix; Nunes, 2018; Costa; Souza; Silva, 2016).

Nesse sentido, a Geoecologia da Paisagem representa um arcabouço teórico e metodológico para o estudo das paisagens, sob o enfoque sistêmico, e possibilita análise integrada empregando procedimentos técnicos e operacionais que permitem identificar forma, estrutura e função paisagística (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017). Os resultados contribuem para subsidiar diagnóstico integrado e análises aplicáveis na gestão e no planejamento ambiental do território (Silva; Rodriguez, 2011).

A abordagem geográfica da Geoecologia da Paisagem apresenta, como uma das principais finalidades, a compartimentação da paisagem com objetivo de definir unidades de paisagem a serem investigadas. A delimitação da paisagem em unidades com características semelhantes permite identificar variáveis responsáveis pela dinâmica e pela proposição de formas de utilização mais adequada e sustentável (Salinas Chávez; Ramón Puebla; Trombeta, 2019).

A intensificação dos processos de conversão do uso da terra, a partir das características e das potencialidades de cada região, promove alteração da estrutura espacial e diversos impactos ambientais. Diante disso, a abordagem ecológica da Geoecologia da Paisagem, ao inserir o homem no contexto de análise, integra os elementos culturais às paisagens naturais e possibilita quantificar a estrutura da paisagem, ajudando a compreender as interações entre o padrão espacial e suas influências nos ecossistemas (Metzger, 2001).

A quantificação da estrutura da paisagem tem sido realizada por meio da aplicação de métricas da paisagem, as quais permitem interpretar a heterogeneidade e apresentar a relação entre as unidades, avaliadas descritivamente. Isso possibilita avaliar a configuração histórica da paisagem, identificar áreas prioritárias para conservação, além de oferecer indicadores para planejamento de áreas com alta relevância ambiental, a fim de minimizar os efeitos provocados pela fragmentação (Silva *et al.*, 2015).

A fauna e a flora das áreas cársticas apresentam uma característica peculiar, o alto grau de endemismo das espécies, visto que os organismos possuem adaptação ao meio subterrâneo. Apesar dessa especialização, há grande dependência do ambiente externo, local onde está disponível a maior parcela de nutrientes responsáveis pela manutenção da vida. Ressalta-se que pequenas alterações na superfície podem resultar em prejuízos ao equilíbrio do ecossistema (Piló; Auler, 2013).

A distribuição global da ocorrência de áreas cársticas, representa um percentual de 15,2% da superfície terrestre, livre de gelo (Goldscheider *et al.*, 2020). No Brasil, apesar de vários estudos e expedições para o conhecimento das áreas cársticas, de acordo com Souza, França e Auler (2018), estima-se que menos de 5% das cavidades naturais subterrâneas tenham sido identificadas até o momento.

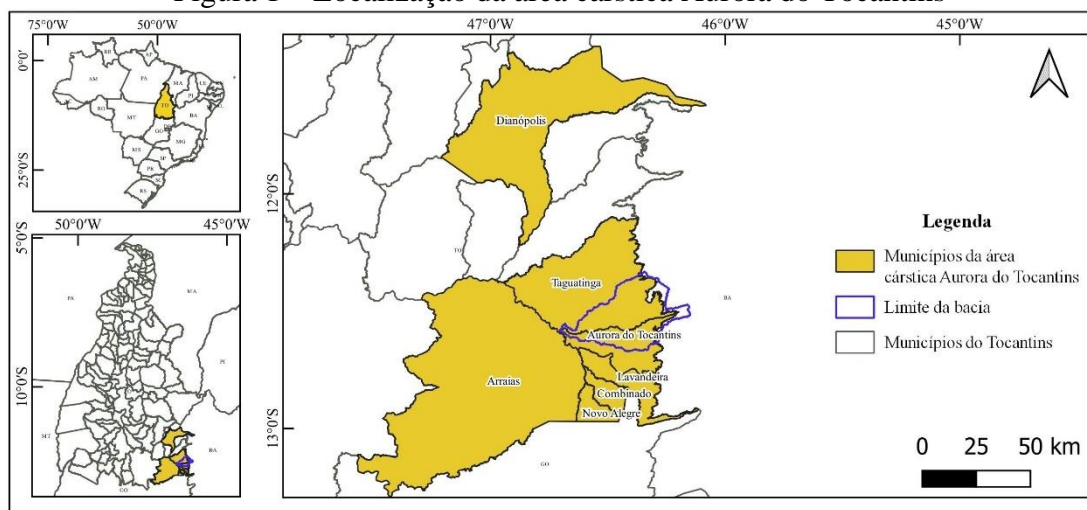
De acordo com o Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico brasileiro (2022), elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas e pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (CECAV/ICMBio), disponibilizado em 2023, no Brasil, tem-se cadastradas 23.378 cavernas. Minas Gerais,

com 11.029 cavernas (47,18%), é o estado brasileiro com o maior número de cavernas conhecidas, seguido pelo Pará com 2.862 (12,24%), pela Bahia com 1.782 (7,62%). O Tocantins, em sexto lugar, possui 955 cavernas (CECAV, 2023).

No estado do Tocantins, especificamente na região sudeste, destaca-se a área cárstica denominada Aurora do Tocantins (Figura 1), que inclui os municípios de Taguatinga, Lavandeira, Combinado, Arraias, Novo Alegre, Dianópolis e Aurora do Tocantins (Morais, 2012). Trata-se da principal área em potencial para a ocorrência de cavernas em rochas carbonáticas no Tocantins (Morais, 2013).

Nessa região do estado está situada a bacia hidrográfica do rio Sobrado (BHRS), que além de ser uma importante fonte de recursos hídricos, possui área cárstica em sua abrangência e grande potencial para a ocorrência de cavernas.

Figura 1 – Localização da área cárstica Aurora do Tocantins



Fonte: IBGE (2020).

Em 2018, a região sudeste do estado do Tocantins foi contemplada, no documento elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), como área prioritária para conservação do Patrimônio Espeleológico. Os critérios utilizados para a definição dessas áreas foram o meio biótico, o meio físico e aspectos sócio-histórico-culturais, visando desenvolver mecanismos de conservação aos ambientes cársticos (CECAV, 2018).

Por esse motivo, é imprescindível realizar estudos de caráter integrado a fim de apresentar o levantamento de diversos elementos que compõem as áreas cársticas, bem como a interação entre esses elementos para compreender sua dinâmica e seu funcionamento e, assim, encontrar o nível de conexão entre eles. Com isso, colabora-se

com informações para implementação de estratégias de conservação e reestruturação da paisagem, bem como manutenção desses sistemas ecológicos, sensíveis e diferenciados.

Portanto, diante dos aspectos sobre a fragilidade das áreas cársticas e a relevância desse sistema ambiental e considerando a importância da localização da área de estudo em uma das áreas indicadas pelo CECAV, como sendo prioritária para a conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro, a problemática da pesquisa está baseada em duas importantes questões: 1) *De que forma estão ocorrendo as modificações na paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado?* 2) *Como identificar os fatores desencadeadores das ações de degradação na paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado?*

Com a intenção de responder aos questionamentos que direcionaram esta pesquisa, o trabalho possui como hipóteses: a) as formas de uso e ocupação estão diretamente ligadas aos processos culturais e socioeconômicos desenvolvidos pela sociedade presente na bacia hidrográfica do rio Sobrado; b) a metodologia e os preceitos teóricos empregados pela Geoecologia da Paisagem em sua abordagem geográfica e ecológica contribuem para identificação dos fatores que promovem a degradação ambiental em paisagens cársticas, visto que analisam a interação entre a dinâmica natural e a social, com base na Teoria Geossistêmica, enfoque ecológico e interdisciplinar.

1.1 Justificativa

As paisagens cársticas apresentam as maiores nascentes e fontes de água subterrânea. Além de abrigarem ecossistema diversificado e um patrimônio histórico-cultural, destacam-se pela riqueza do solo, pelo valor econômico e pelo turismo. Portanto, o uso e a ocupação dessas áreas exigem ações de planejamento, pois a execução das atividades pode provocar impactos significativos nesse ambiente singular (Cruz, 2019).

Nesse sentido, a área da bacia do rio Sobrado, localizada na região sudeste do estado do Tocantins, está inserida na área prioritária para conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro, porém não foi contemplada por políticas ambientais no tocante à criação de unidades de conservação e carece de ações de planejamento ambiental visando conservar as paisagens cársticas ali presentes.

As cavidades naturais subterrâneas, ao serem consideradas como um patrimônio cultural e ambiental, declaradas como bens da União, de acordo com o artigo 20, inciso X, da Constituição Federal, necessitam de ações concretas para sua conservação (Ganem, 2009). Uma informação relevante é que dados divulgados pelo Centro Nacional de

Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), em 2021, mostram que apenas 33% das cavernas no Brasil registradas no CANIE (Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas) estão localizadas em áreas protegidas, e que poucas unidades de conservação foram criadas com o propósito de proteger o Patrimônio Espeleológico (CECAV, 2023; Souza; França; Auler, 2018).

Além disso, a bacia do rio Sobrado integra a bacia hidrográfica do rio Palma, importante sistema hídrico da região sudeste do Tocantins. No entanto, essa região apresenta problemas de escassez hídrica durante o período de estiagem, e a população fica prejudicada por não possuir abastecimento mínimo de água para suprir a demanda de suas necessidades básicas, e isso acaba refletindo em suas atividades (Tocantins, 2007).

Morais *et al.* (2019) apontaram, em estudo realizado sobre índice de pobreza hídrica em dois municípios da região, Aurora do Tocantins e Paranã, que são necessárias políticas públicas eficazes para minimizar os efeitos da falta de água para a população local, como manutenção de poços artesianos devido à diminuição da vazão verificada nos últimos anos. Isso demonstra a demanda do uso sustentável das áreas cársticas, principalmente em relação à água, recurso imprescindível para a população local considerando um cenário atual e futuro próximo.

A área de estudo está inserida no bioma Cerrado, conhecido como um dos *hotspots* da biodiversidade mundial (Klink; Machado, 2005). É considerado como área prioritária para a conservação da biodiversidade, devido ao grande nível de endemismo das espécies e o avanço das intervenções humanas sobre esse ecossistema (Mittermeier *et al.*, 2011; MMA, 2018).

A mudança no uso e na cobertura da terra tem efeitos diretos na biodiversidade local, resultado da conversão de áreas de florestas e savanas em outros usos (agricultura, pecuária, urbanização). Essa ação promove degradação e fragmentação dos *habitats*, diminui a biodiversidade local e aumenta o risco de extinção das espécies, principalmente as endêmicas (IBAMA, 2005).

Além desses impactos negativos, a retirada da cobertura vegetal acelera os processos de degradação do solo e dos recursos hídricos, por isso é preciso ampliar as áreas de preservação, a fim de impedir que as atividades antrópicas resultem em impactos irreversíveis (Souza; Martins; Druciaki, 2020).

A área de estudo possui uma rica biodiversidade. Como exemplo, pode-se encontrar o periquito tiriba-do-paraná (*Pyrrhura pfrimeri*), espécie endêmica das florestas estacionais, conhecidas como Matas Secas da bacia do rio Paranã, localizada na divisa

entre a região sudeste do Tocantins e nordeste de Goiás (Dornas *et al.*, 2016). Entretanto, a perda de áreas com cobertura de vegetação nativa tem provocado a perda do seu *habitat*, implicado em uma drástica redução populacional da espécie, colocando-a na condição de ave ameaçada de extinção (Dornas *et al.*, 2017).

Outra espécie é a *Rhinella inopina*, uma espécie de anfíbio da família *Bufonidae*. Sua distribuição está associada aos tipos de vegetação do Cerrado, como a floresta estacional decidual, floresta semidecidual e floresta de galeria, situadas em relevo cárstico e áreas calcárias (Vaz-Silva; Valdujo; Pombal Jr., 2012).

Ressalta-se ainda que os municípios de Aurora do Tocantins e Taguatinga integram a região turística do estado do Tocantins, conhecida como Serras Gerais, juntamente com Combinado, Arraias, Dianópolis, Almas, Rio da Conceição, Natividade, Lavandeiras, Ponte Alta do Bom Jesus, Novo Jardim e Paranã, que vêm se consolidando em um notável polo turístico em âmbito nacional. Esses municípios possuem diversos atrativos naturais, como cavernas, rios, cachoeiras e balneários (Portal de Turismo do Estado do Tocantins, 2021).

A região apresenta alto potencial para o desenvolvimento do turismo de aventura e espeleológico, ecoturismo e práticas de esportes aquáticos (boia-cross, canoagem e outros). A visitação a cavernas e grutas da região revela uma perspectiva sobre o sistema cárstico e seu entorno. Sob o ponto de vista educacional, esses locais proporcionam uma valiosa ferramenta de ensino sobre geologia, geomorfologia, botânica, história (Pedro *et al.*, 2007; Silva, 2019).

As atividades turísticas exigem planejamento e estabelecimento de práticas voltadas à Educação Ambiental, proporcionado aos visitantes conhecimento sobre esse importante patrimônio natural (Ferreira, 2013). Essas atividades podem afetar os componentes do carste, promover diversos impactos ambientais, como depósito de lixo, destruição de espeleotemas no endocarste. Além disso, a grande quantidade de visitantes pode alterar o fluxo de energia e, conseqüentemente, influenciar na variação da temperatura, da umidade (Vestena; Kobyama; Santos, 2002).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente estudo visa compreender a estrutura e a dinâmica da paisagem cárstica na bacia do rio Sobrado por meio da abordagem teórico-metodológica da Geoecologia da Paisagem.

1.2.2 Objetivos específicos

O presente estudo tem por objetivos específicos:

- investigar a evolução do uso e da ocupação da terra na bacia do rio Sobrado no período referente aos anos 1985, 2000, 2015 e 2020, e como esse uso pode se configurar como um fator de degradação na paisagem cárstica;
- caracterizar a estrutura da paisagem da bacia do rio Sobrado a partir do uso de índices ou métricas da paisagem;
- delimitar e classificar as unidades de paisagem com utilização da abordagem teórico-metodológica da Geoecologia da Paisagem;
- elaborar o mapa exploratório de fenômenos cársticos;
- analisar a dinâmica multitemporal das informações geradas pelo mapa de uso e ocupação da terra e dos índices da estrutura da paisagem para as unidades geológicas da paisagem com presença de fenômenos cársticos e atrativos turísticos.

2 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Sobrado está localizada na região sudeste do Tocantins e compõe a bacia hidrográfica do rio Palma, que deságua no rio Paranã. Segue com essa denominação até o encontro com o rio Maranhão, integrando, assim, o sistema hidrográfico do rio Tocantins (Oliveira, 2015; Tocantins, 2007).

A bacia do rio Sobrado está inserida nos municípios de Aurora do Tocantins, que possui uma extensão territorial de aproximadamente 752,83 km², com 3.342 habitantes (IBGE, 2022a; SEPLAN, 2021a); e Taguatinga, com 14.011 habitantes, ocupa uma área de 2.437,40 km² (IBGE, 2022b; SEPLAN, 2021b). E uma diminuta porção dos municípios de São Desidério e Luís Eduardo Magalhães.

A área da bacia do rio Sobrado é de 1.103,266 km², o valor percentual de abrangência nos municípios equivale a: Taguatinga (56,48%), Aurora do Tocantins (31,24%), Luís Eduardo Magalhães (8,94%) e São Desidério (3,34%). A bacia tem como principal divisor de águas a Serra Geral, localizada na divisa dos estados do Tocantins e da Bahia (Figura 2).

Os principais cursos d'água que fazem parte da bacia do rio Sobrado são: ribeirão Sobradinho, ribeirão dos Caldeirões, ribeirão do Abreu e ribeirão Urucuia (Figura 3).

Os municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins estão compreendidos no mapa de áreas prioritárias para conservação do Patrimônio Espeleológico brasileiro. Juntos concentram 34,24% da ocorrência de cavernas no estado do Tocantins. Na área de abrangência da bacia do rio Sobrado, há 51 cavernas (Figura 4), 12 delas estão localizadas no município de Taguatinga; e 39, no município de Aurora do Tocantins (CECAV, 2023).

Figura 2 – Mapa de localização da bacia do rio Sobrado

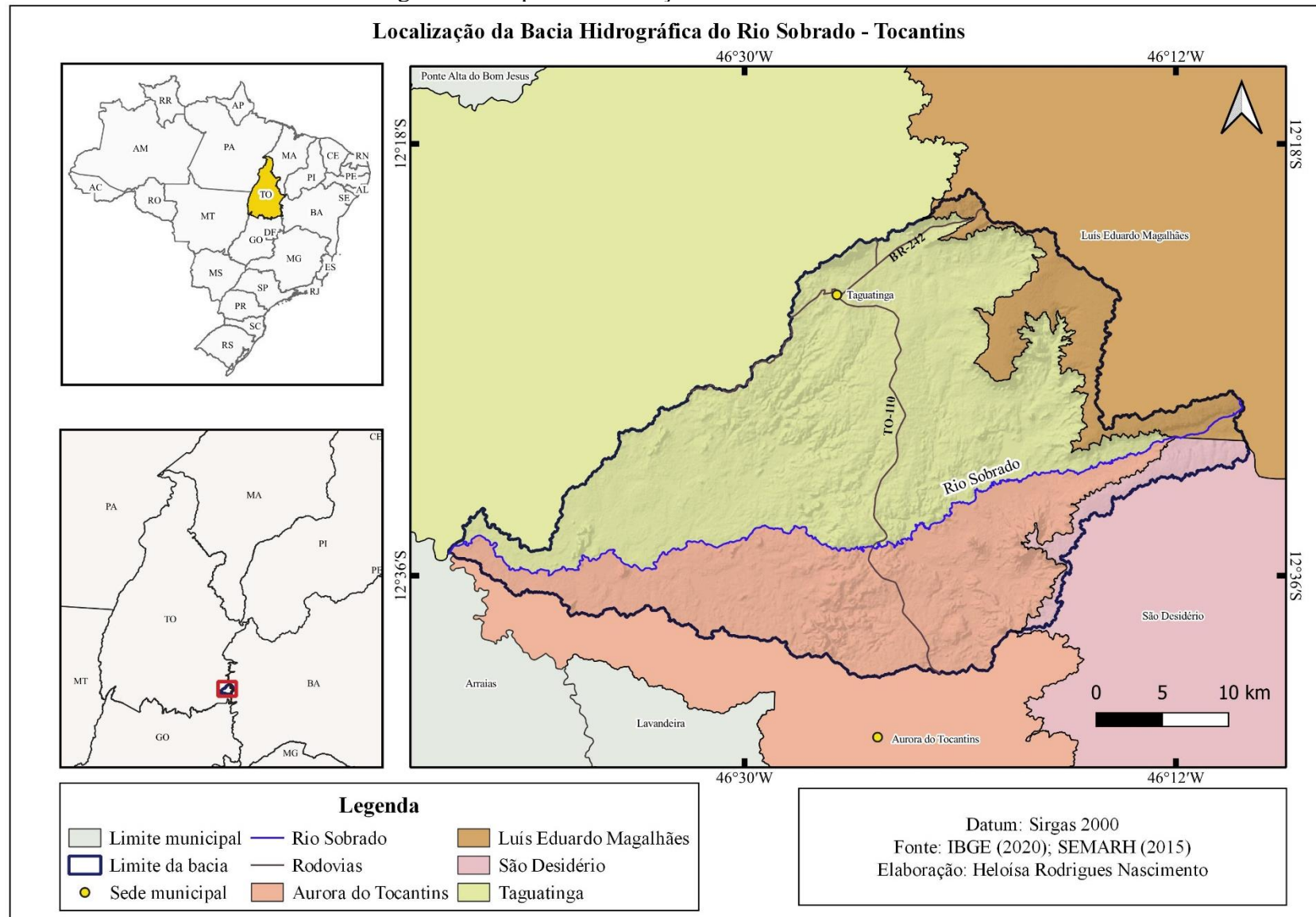


Figura 3 – Principais cursos d'água integrantes da bacia hidrográfica do rio Sobrado

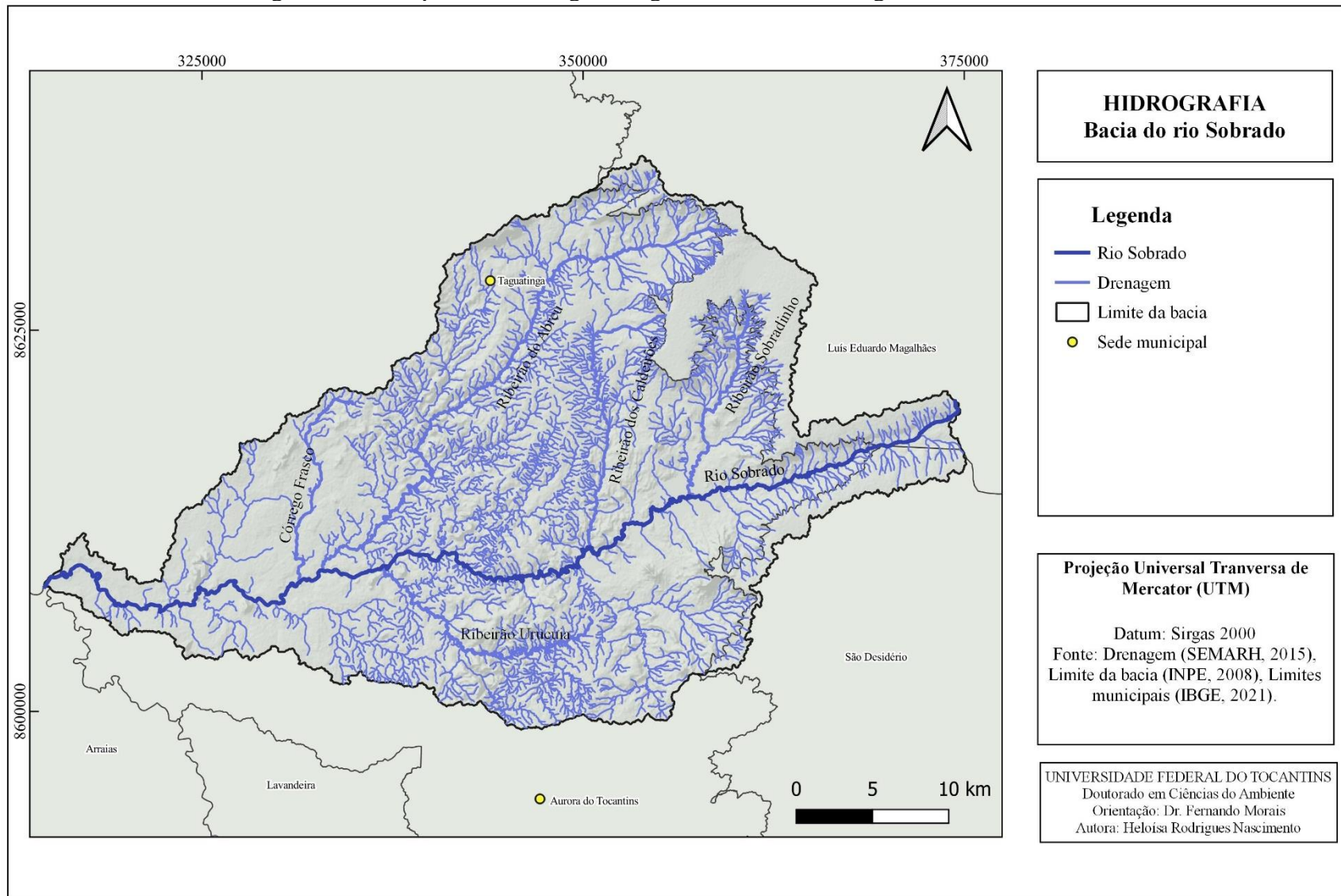
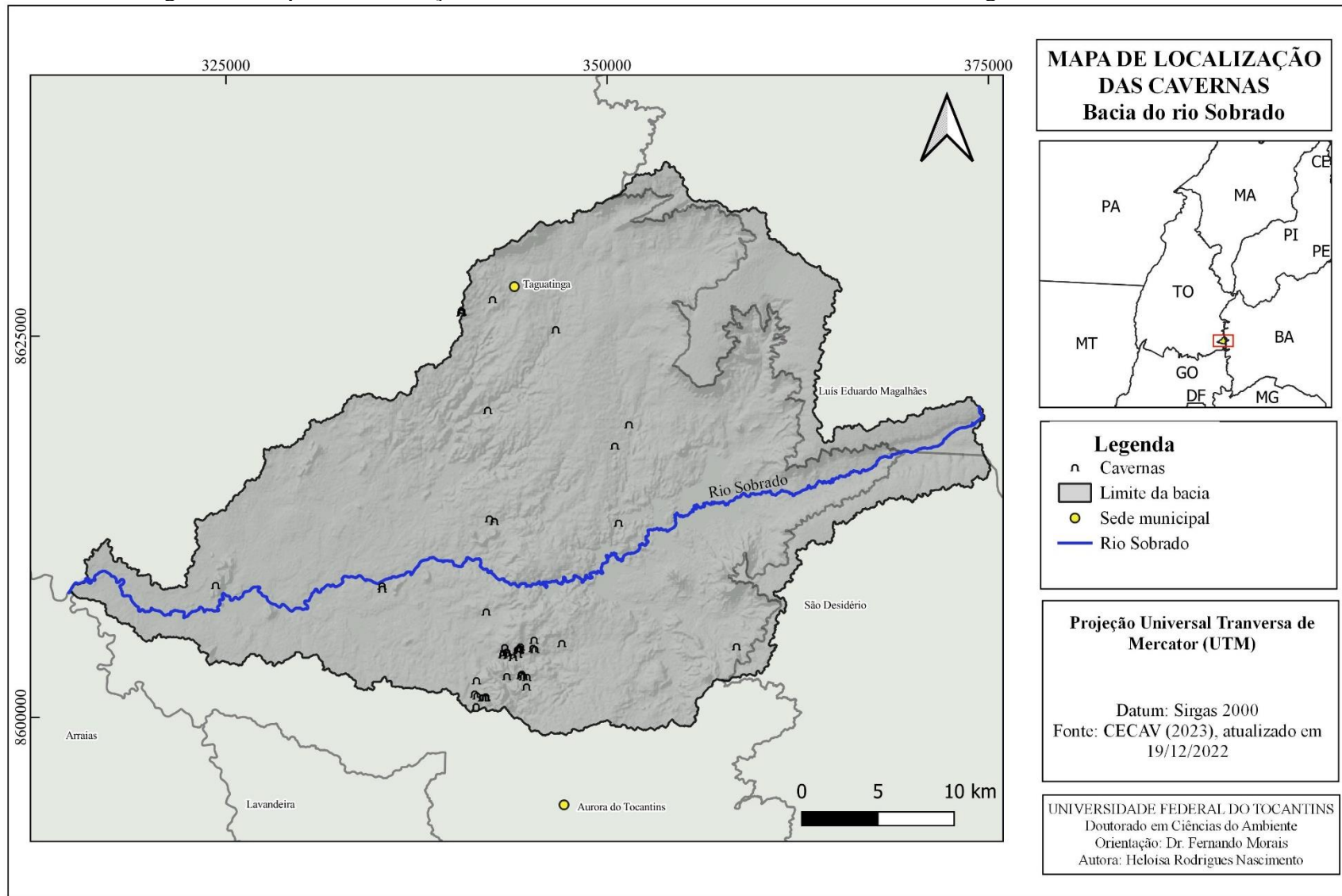


Figura 4 – Mapa de distribuição das cavidades naturais subterrâneas na bacia hidrográfica do rio Sobrado



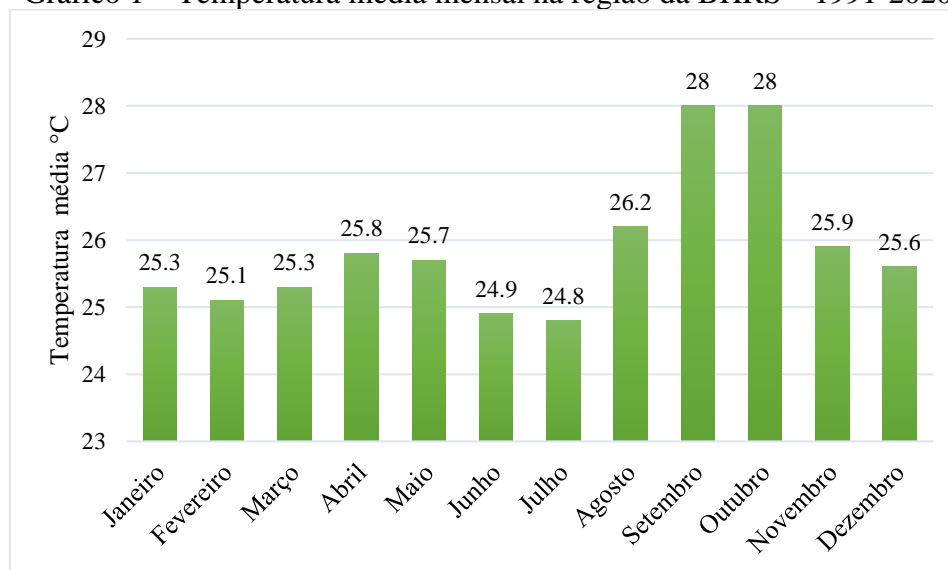
2.1 Características fisiográficas da área de estudo

2.1.1 Clima

Quanto à Regionalização Climática, a bacia do rio Sobrado é classificada pela SEFAZ (2020, p. 164) como C2w, “clima subúmido, com deficiência hídrica moderada no inverno”. Para isso, foi utilizado o método *Thorntwaite-Mather*.

De acordo com os dados da SEPLAN (2012), na área em que está localizada a bacia do rio Sobrado, a temperatura média anual é menor que 25°C. A fim de complementar as informações sobre a temperatura média da região em que está situada a bacia do rio Sobrado, realizou-se uma consulta aos dados referente às Normais Climatológicas do Brasil para o período de 1991-2020, no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Nele foi possível acessar os dados da média de temperatura mensal referentes à estação convencional localizada no município de Taguatinga no estado do Tocantins (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Temperatura média mensal na região da BHRS – 1991-2020



Fonte: INMET (2022, *on-line*).

A partir do Gráfico 1, é possível visualizar a média da temperatura mensal no período entre 1991 e 2020. Nos meses que abrangem o período seco (agosto a outubro), as temperaturas médias tendem a aumentar, variando entre 26°C e 28°C.

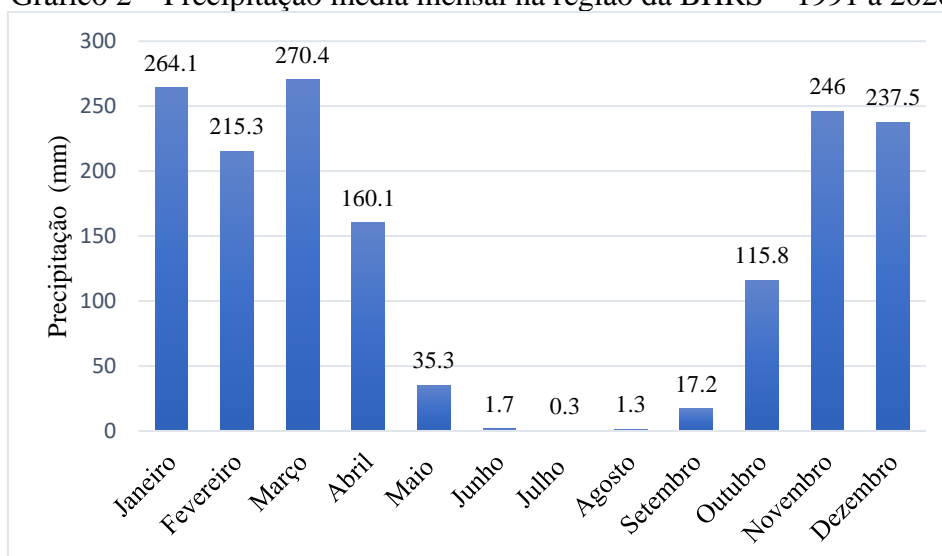
2.1.1.1 Precipitação pluviométrica

A bacia do rio Sobrado possui duas classes de precipitação média anual. A mais predominante é entre 1408-1536 mm, e a outra 1536-1664mm (SEFAZ, 2020). O período de chuvas se estende de outubro a abril. Enquanto nos meses de maio a setembro, é caracterizado por um período de estiagem, o que pode promover esgotamento de mananciais e redução do nível freático (Pinto, 2017).

Os dados sobre a média de precipitação pluviométrica na área de estudo, distribuída ao longo do ano, estão apresentados no Gráfico 2, referentes ao período entre 1991 e 2020. Os dados foram obtidos na página do INMET, na edição de Normais Climatológicas do Brasil, entre 1991-2020, da estação localizada no município de Taguatinga no estado do Tocantins.

Percebe-se que as chuvas ocorrem no período de outubro a abril. Nesse período, destaca-se o mês de março com maior volume de precipitação, enquanto o período de seca compreende o intervalo de maio a setembro (Gráfico 2).

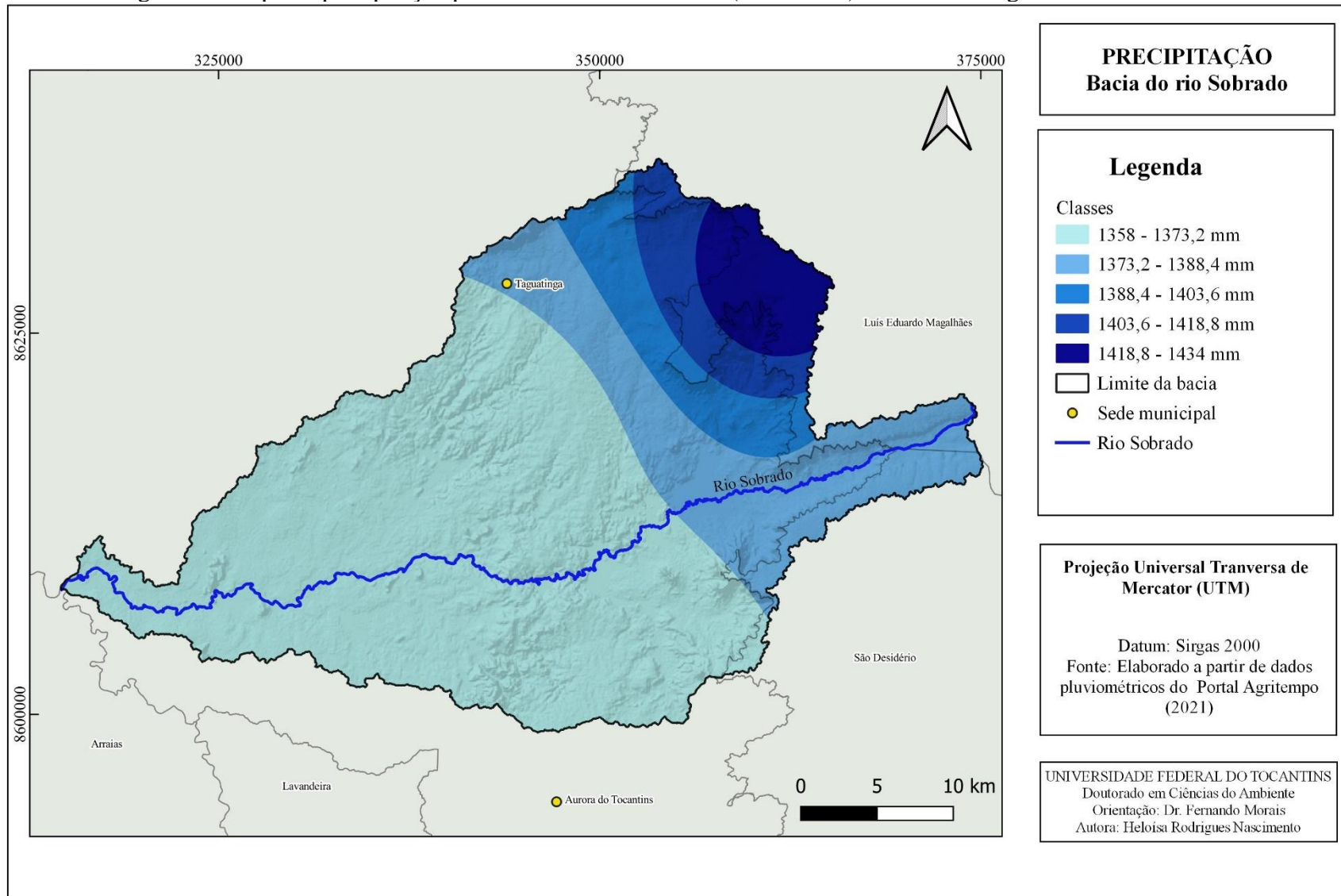
Gráfico 2 – Precipitação média mensal na região da BHRS – 1991 a 2020



Fonte: INMET (2022, *on-line*).

Os dados de precipitação pluviométrica média anual (Figura 5) demonstram uma variação de 1358 mm até 1434 mm. Percebe-se que a parte leste da bacia apresenta maiores níveis de precipitação, em relação à parte central e oeste, pois, em números, a diferença equivale a 76 mm.

Figura 5 – Mapa de precipitação pluviométrica média anual (2001-2021) da bacia hidrográfica do rio Sobrado



2.1.2 Geologia

Em relação à geologia, a área de estudo está localizada na Bacia Sedimentar Sanfranciscana, com a ocorrência das unidades geológicas do Complexo Almas-Cavalcante (Embasamento Cristalino), Grupo Bambuí, Grupo Urucuia, Grupo Areado e Depósitos Aluvionares Recentes (Morais, 2013).

O embasamento da Bacia Sanfranciscana é representado principalmente pela presença do Grupo Bambuí, localizado na parte central. Na porção do extremo norte, apresenta rochas sedimentares paleozoicas; na região do extremo sul, tem-se rochas metassedimentares dos grupos Araxá e Canastra; e, no meio norte da bacia, há presença de restritas faixas granito-gnássicas (Campos; Dardenne, 1997).

O Grupo Bambuí envolve uma sequência pelito-carbonática, de idade neoproterozoica, compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos, arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. O Grupo Bambuí apresenta, em sua estrutura, o subgrupo Paraopeba (Quadro 1), este, por sua vez, se divide nas formações Três Marias, Sete Lagoas, Santa Helena, Lagoa do Jacaré e Serra da Saudade (Brasil, 1982).

Quadro 1 – Distribuição das formações geológicas do Grupo Bambuí

Subgrupo	Formações	Características da litologia
Paraopeba	Três Marias	Conjunto de siltitos e arcóseos, de cores verde a cinza esverdeado, contendo pequenas lentes de margas e calcários.
	Serra da Saudade	Conjunto predominantemente clástico, constituído por siltitos, folhelhos, ardósias e argilitos de cor verde-amarelada, com lentes de calcários e margas cinza a cinza-escuro.
	Lagoa do Jacaré	Compreende uma sequência de calcários pretos a cinza, margas e pequenas intercalações de siltitos e folhelhos de cor verde-amarelada.
	Santa Helena	Apresenta uma composição predominantemente pelítica, composta de siltitos, argilitos, margas, ardósias e folhelhos de cores esverdeadas, com intercalações de calcários cinza.
	Sete Lagoas	Representa uma espessa sequência predominantemente calcária, com dolomitos, calcários dolomíticos, margas, calcários argilosos e folhelhos subordinados.

Fonte: Brasil (1982, p. 125).

A Formação Sete Lagoas constitui a base do subgrupo Paraopeba. É formada por uma sequência predominantemente calcária, com dolomitos, calcários dolomíticos, margas, calcários argilosos e folhelhos subordinados (Brasil, 1982).

O Grupo Urucuia constitui o chapadão da Serra Geral de Goiás, ou popularmente conhecida como “Gerais”, divisor de águas das bacias dos rios São Francisco e Tocantins. Apresenta, em sua constituição, um conjunto de rochas siliciclásticas, de idade neocretácea, formadas por conglomerados, arenitos e siltitos (Brasil, 1982).

A área de estudo está situada na Bacia Sedimentar Franciscana (IBGE, 2020c), apresentando o Grupo Urucuia (22,72%) do alto para o médio curso da bacia do rio Sobrado. E o Grupo Bambuí está representado pela Formação Sete Lagoas (31,40%) e Formação Paraopeba (31,45%) do médio para o baixo curso da bacia, e 14,43% abrangem a Cobertura Detrito-Laterítica (Quadro 2). O mapa das unidades geológicas mostra a distribuição espacial dessas na área de estudo (Figura 6).

Quadro 2 – Características das unidades geológicas da bacia hidrográfica do rio Sobrado

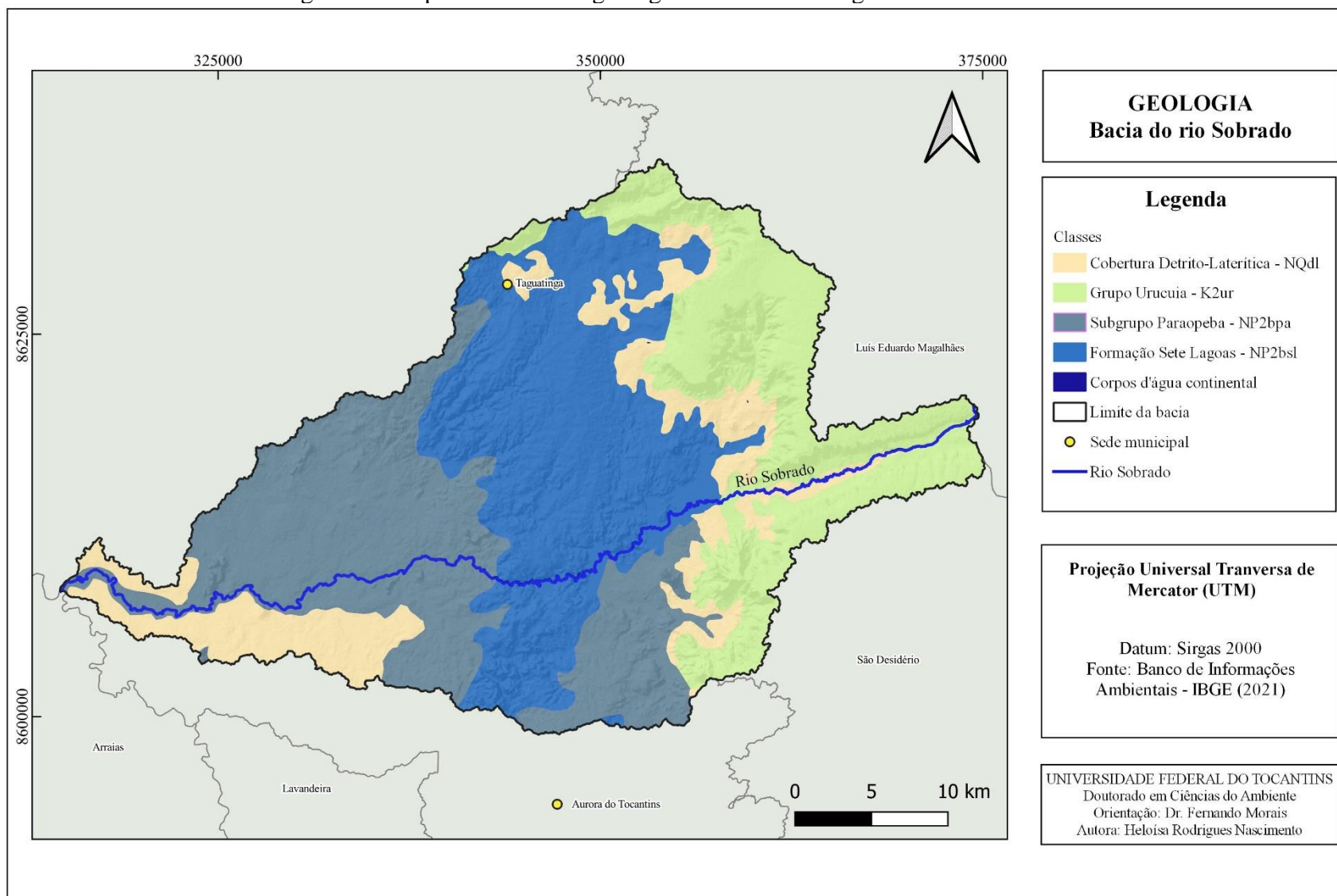
Geocronologia			Nome da unidade	Província	Sub-província	Área	
Éon	Era	Período				Km ²	%
Fanerozoico	Cenozoica	Quartenário	Cobertura Detrito-Laterítica	Cobertura Cenozoica	Cobertura Cenozoica Indiscriminada	159,184	14,43
		Pleistoceno Superior					
	Mesozoica	Cretáceo	Grupo Urucuia	São Francisco	São Franciscana	250,673	22,72
		Superior Cenomaniano					
Proterozoico	Neoproterozoica	Criogeniano	Formação Paraopeba	São Francisco	Bambuí	346,943	31,45
		Criogeniano	Formação Sete Lagoas	São Francisco	Bambuí	346,382	31,40
			Corpos d'água continental			0,084	0,01
						1.103,266	100

¹ Valores obtidos a partir dos cálculos de área dos polígonos do mapa de geomorfologia.

Fonte: Organizado pela autora a partir de dados do IBGE (2020c).

No Brasil, há 19 regiões cársticas reconhecidas pelo CECAV (2011). Entre elas, destaca-se a região do Grupo Bambuí, local onde está situada a área da bacia do rio Sobrado, na região sudeste do Tocantins. Nessa região, estão presentes as rochas carbonáticas, sobre as quais se desenvolvem a paisagem cárstica, que apresentam uma morfologia específica, em função da litologia e do regime hidrológico, caracterizada pela presença de feições peculiares como dolinas, paredões, surgências, sumidouro, cavernas, entre outras (Kohler, 2021; Suguio, 2010; Timo, 2014).

Figura 6 – Mapa das unidades geológicas na bacia hidrográfica do rio Sobrado



2.1.3 Geomorfologia

Quanto à geomorfologia, a bacia do rio Sobrado está localizada no domínio de duas unidades geomorfológicas: Chapadão Ocidental Baiano e Patamares do Chapadão Ocidental Baiano (IBGE, 2020c). Ao longo da bacia, estão presentes as categorias geomorfológicas apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Categorias geomorfológicas presentes na área da bacia do rio Sobrado

Código Legenda	Característica	Categoria	Compartimento	Forma	Natureza
Dc42	Dissecação homogênea ou diferencial	Homogênea convexa	Patamares	Topo convexo	Dissecação
DEc42	Dissecação estrutural	Estrutural convexa	Patamares	Topo convexo	Dissecação
Dt21	Dissecação homogênea ou diferencial	Homogênea tabular	Patamares	Topo tabular	Dissecação
Kc	Carste coberto	Carste coberto	Patamares	Carste	Dissolução
Kd	Carste descoberto	Carste descoberto	Patamares	Carste	Dissolução
Pgi	Degradado inumado	Pediaplano degradado inumado	Chapadas	Pediaplano	Aplanamento
Pri	Retocado inumado	Pediaplano retocado inumado	Patamares	Pediaplano	Aplanamento

Fonte: IBGE (2020c, *on-line*).

Com base na classificação do IBGE (2009), na área da bacia do rio Sobrado, foram identificados os modelos de aplanamento, dissolução e dissecação (Figura 7). Predominam, na área da bacia do rio Sobrado, os modelos de aplanamento, ocupando 58,15%, representados por pediplano degradado inumado e pediplano retocado inumado (Tabela 1).

O pediplano degradado inumado (Pgi) ocorre no topo de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados. Corresponde a uma superfície de aplanamento parcialmente conservada, geralmente dissecada e separada por escarpas ou ressaltos de outros modelos de aplanamento, de dissecação e de dissolução (IBGE, 2009).

Na área da bacia do rio Sobrado, o pediplano degradado inumado está presente nas imediações das Serras Gerais, com declividade variando entre as classes plano e

escarpado. Nos topos planos dessa categoria, o desenvolvimento pedogenético proporciona a ocorrência de Latossolos (Villela; Nogueira, 2011).

Tabela 1 – Valores de área e percentual de ocupação das categorias de geomorfologia na bacia do rio Sobrado

Categoria	Área¹ - km²	%
Homogênea convexa	38,351	3,48
Estrutural convexa	9,949	0,90
Homogênea tabular	15,784	1,43
Carste coberto	157,763	14,30
Carste descoberto	239,904	21,74
Pediaplano degradado inumado	132,036	11,97
Pediaplano retocado inumado	509,479	46,18

¹ Valores obtidos a partir dos cálculos de área dos polígonos do mapa de geomorfologia.

Fonte: IBGE (2020c, *on-line*).

Já o pediaplano retocado inumado (Pri), caracterizado por sucessivas fases de retomada da erosão, originando sistemas de planos inclinados (IBGE, 2009), constitui 46,18% da área da bacia. Está presente nas áreas com declive variando da classe plano (0 a 3%) a suave ondulado (20 a 45%).

O modelo de dissecação homogênea constitui uma dissecação fluvial, caracterizada por não apresentar controle estrutural marcante (IBGE, 2009), está representado na área de estudo por duas categorias: homogênea convexa (Dc) e homogênea tabular (Dt). Está presente em áreas que possui declividade, variando de plano (0 a 3%) a montanhoso (45 a 75%).

O modelo de dissecação estrutural constitui dissecação fluvial em rochas muito deformadas, caracterizada por apresentar controle estrutural (IBGE, 2009). Está presente na área da bacia sobre a forma topo convexo (DEc), na área das Serras Gerais, com declividade variando de plano (0 a 3%) a forte ondulado (20 a 45%).

As formas de dissolução presentes na área de estudo se classificam em: carste coberto, que ocorre na subsuperfície, geralmente envolvido por solos e outros detritos; e carste descoberto, que ocorre em superfície (IBGE, 2009). Essas duas categorias compreendem 36,04% da área de estudo, e sua ocorrência foi identificada nas classes com declividade variando de plano (0 a 20%) a forte ondulado (20 a 45%).

O mapa de declividade e o mapa de hipsometria da bacia do rio Sobrado estão apresentados nas Figuras 8 e 9.

Em relação à declividade, observou-se o predomínio de áreas com relevo suave ondulado, ocupando 42,96%, seguida por áreas planas, equivalentes a 29,13% da área (Tabela 2). As áreas com declive mais acentuado estão distribuídas no médio curso da bacia e nas encostas da Serra Geral e a Serra de Taguatinga.

Tabela 2 – Classes de declividade na bacia do rio Sobrado

Declividade	Área (km ²)	Percentual (%)
0 a 3%	321,388	29,13
3 a 8%	473,932	42,96
8 a 20%	201,632	18,28
20 a 45%	68,706	6,23
45 a 75%	27,071	2,44
Acima de 75%	10,537	0,96
	1.103,266	100

Fonte: Dados da pesquisa.

Nos dados sobre a altitude representados no mapa de hipsometria (Figura 9), foi possível observar que a área de estudo possui o valor de altitude mínima equivalente a 363, e o valor máximo a 934, apresentando uma grande variação relacionada à amplitude altimétrica. Nesse sentido, valores maiores da amplitude altimétrica promovem aumento da energia potencial, pois as águas provenientes das precipitações pluviais que caem sobre os pontos mais altos do terreno adquirirão maior energia cinética em seu percurso em direção às partes mais baixas e, conseqüentemente, apresentarão maior vulnerabilidade à ocorrência de processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001).

Figura 7 – Mapa das unidades de modelado geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Sobrado

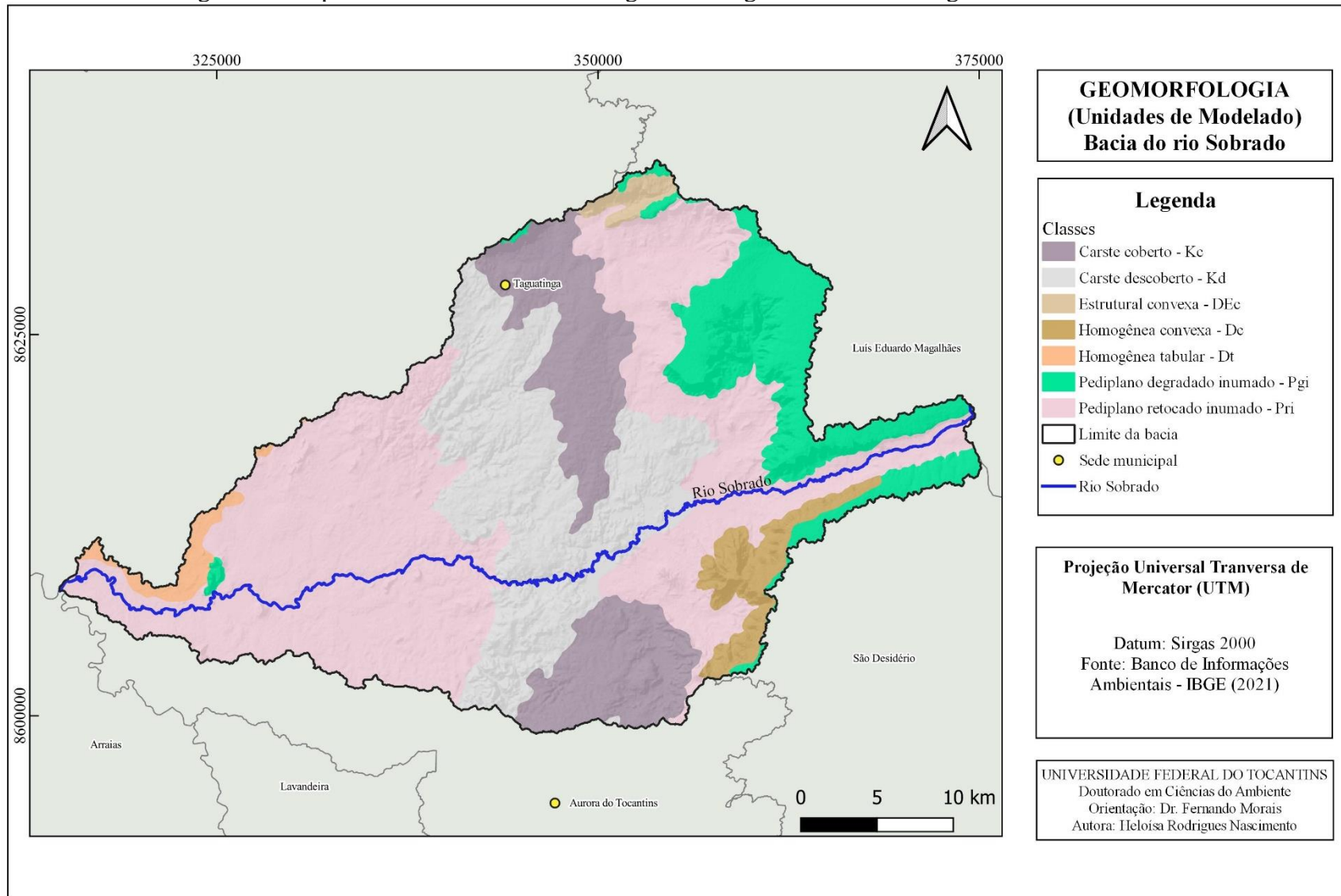


Figura 8 – Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Sobrado

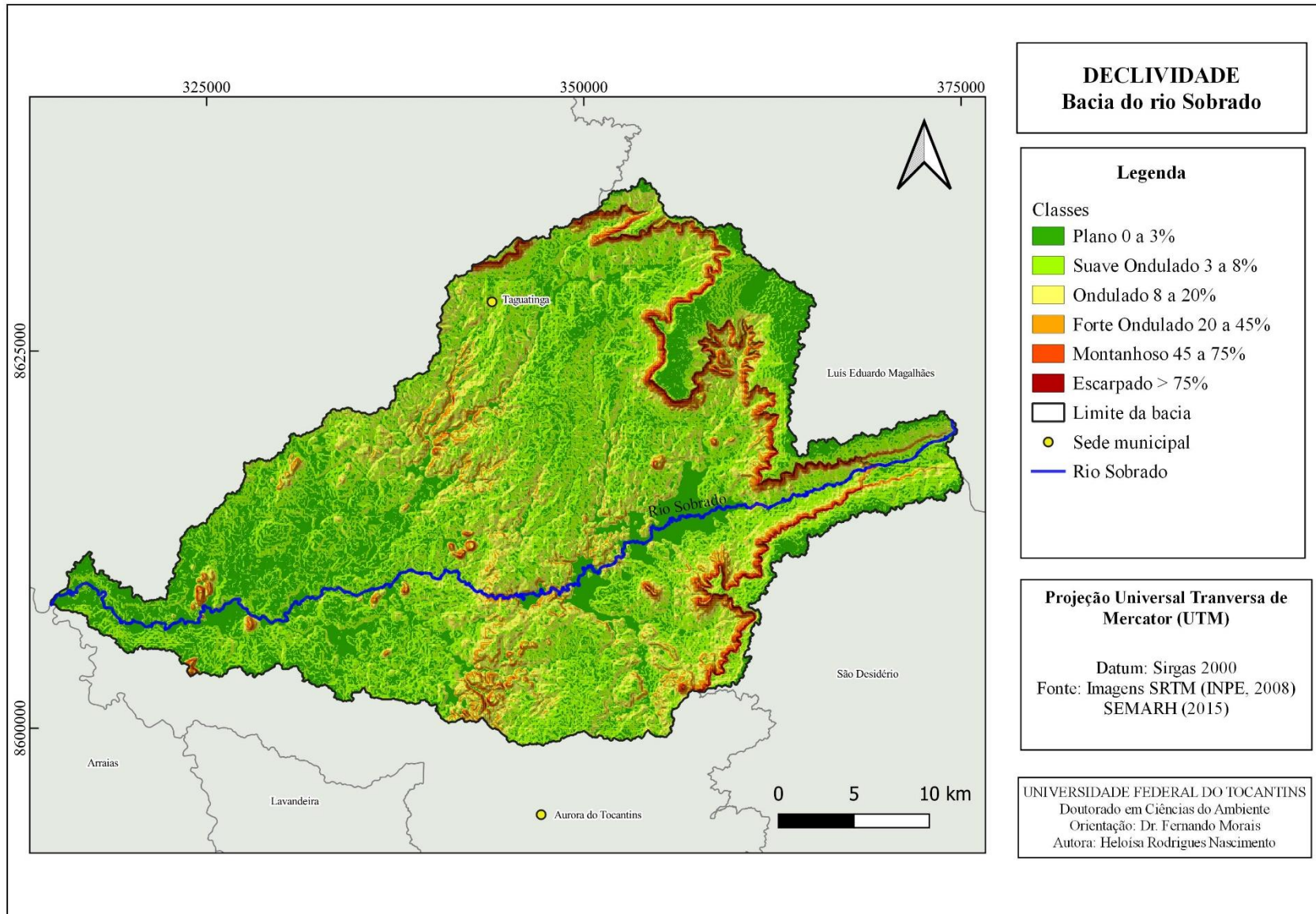
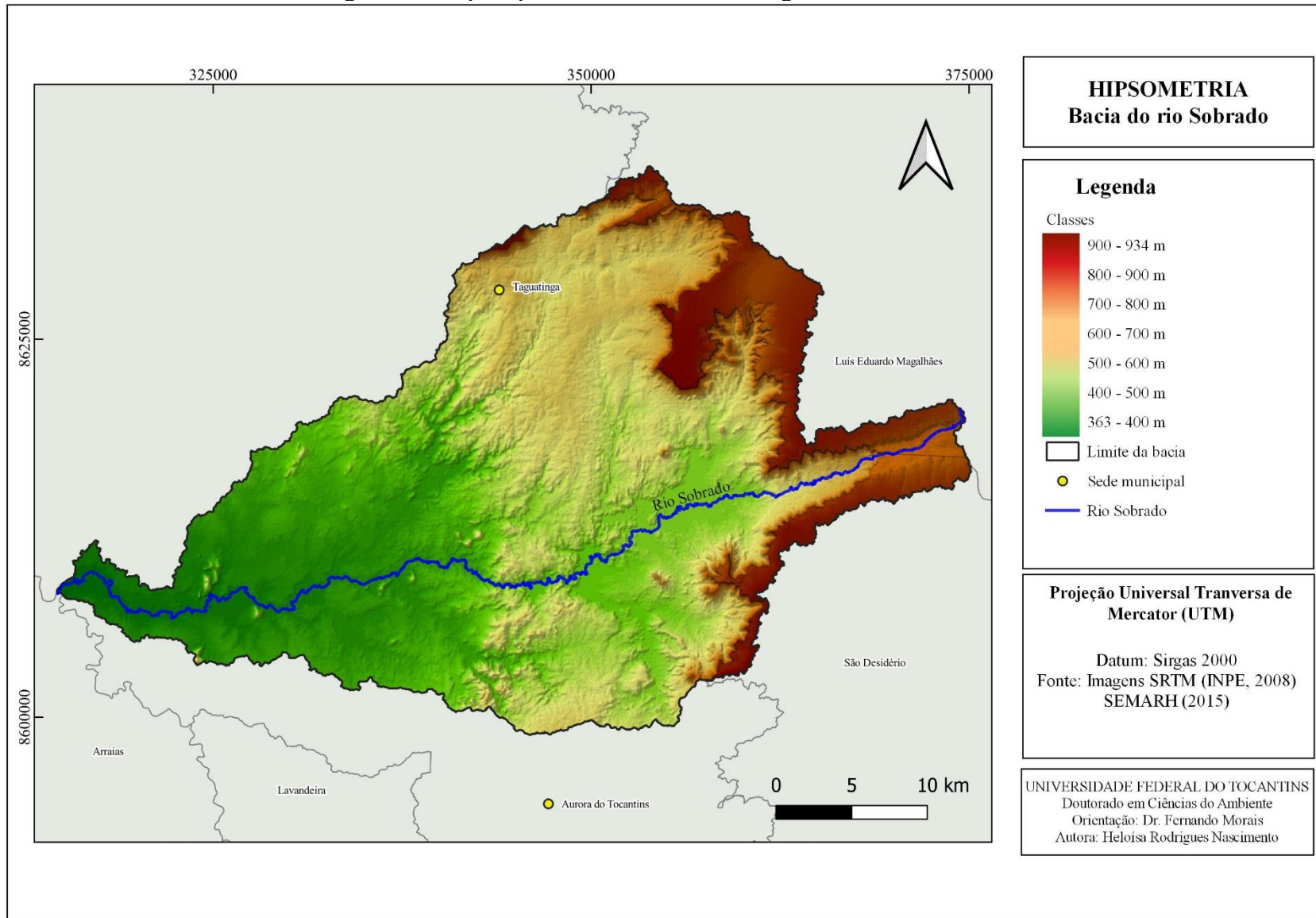


Figura 9 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Sobrado



2.1.4 Solos

Os tipos de solos presentes na bacia do rio Sobrado, de acordo com IBGE (2020c), são: Latossolo vermelho-amarelo, Neossolo litólico, Neossolo quartzarênico, Cambissolo háplico, Nitossolo vermelho, Gleissolo háplico (Tabela 3). O mapa de solos apresenta a distribuição na abrangência da bacia do rio Sobrado (Figura 10).

Tabela 3 – Valores de área e percentual de ocupação das classes de solo na bacia do rio Sobrado

Classes de solos	Área – km ²	%	Classes de solos	Área – km ²	%
Cambissolo háplico	289,162	26,21	Neossolo quartzarênico	178,120	16,14
Gleissolo háplico	17,639	1,60	Nitossolo vermelho	97,689	8,85
Latossolo vermelho-amarelo	184,993	16,77	Afloramento rochoso	17,238	1,57
Neossolo litólico	318,425	28,86	-	-	-

¹ Valores obtidos a partir dos cálculos de área dos polígonos do mapa de geomorfologia.

Fonte: IBGE (2020c, *on-line*).

Os Latossolos são solos minerais e apresentam pouca diferenciação entre horizontes. São solos profundos, possuem boa permeabilidade, sua coloração varia de vermelho escuro a tons amarelados (Sousa; Lobato, 2006).

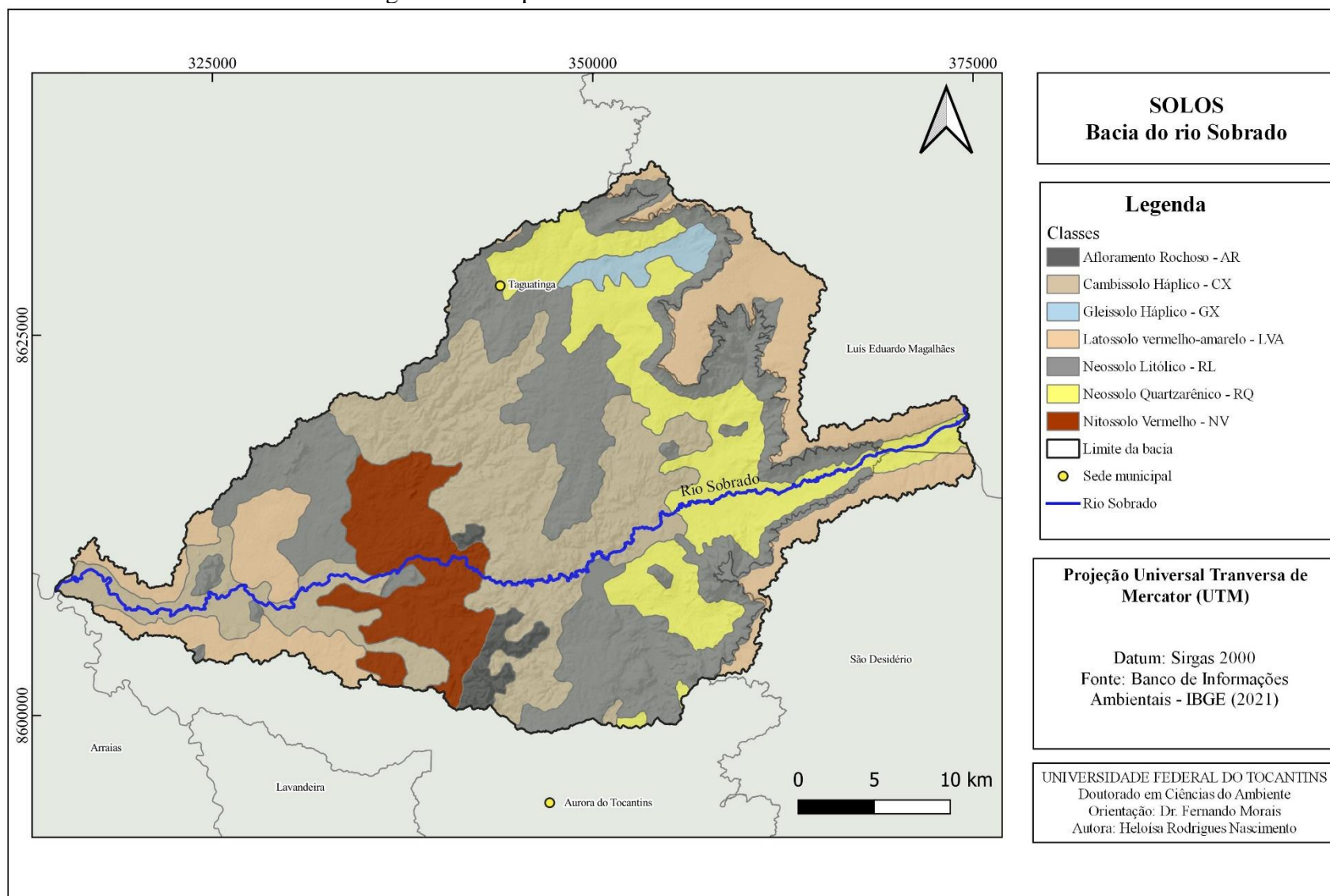
Os Neossolos são constituídos por material de origem mineral ou por material orgânico. São considerados solos pouco desenvolvidos. Variam de solos rasos até profundos e de baixa a alta permeabilidade (Santos *et al.*, 2018; Santos; Zaroni, 2006a).

Os Cambissolos são solos constituídos por material mineral, com presença de horizonte B, considerados pouco desenvolvidos. Em relação à profundidade, variam de rasos a profundos geralmente, possuem baixa permeabilidade e apresentam coloração variando de bruna a bruno-amarelada (Jarbas *et al.*, 2006; Zaroni; Santos, 2006).

Os Nitossolos apresentam textura argilosa ou muito argilosa em sua composição e um horizonte B nítico abaixo do horizonte A. Constituem solos profundos, bem drenados, e os tons de sua coloração variam de vermelho a bruno (Santos *et al.*, 2018; Santos; Zaroni, 2006b).

Os Gleissolos são solos minerais e podem apresentar composição argila, argila-arenosa e arenosa. Compreendem solos mal drenados, ocupando ambiente de várzeas, os quais estão sujeitos a um período de alagamento no decorrer do ano. Suas cores apresentam tonalidade acinzentada (Fontana; Balieiro; Pereira, 2021; Oliveira Neto; Silva, 2006).

Figura 10 – Mapa das classes de solo na bacia do rio Sobrado



2.1.5 Vegetação

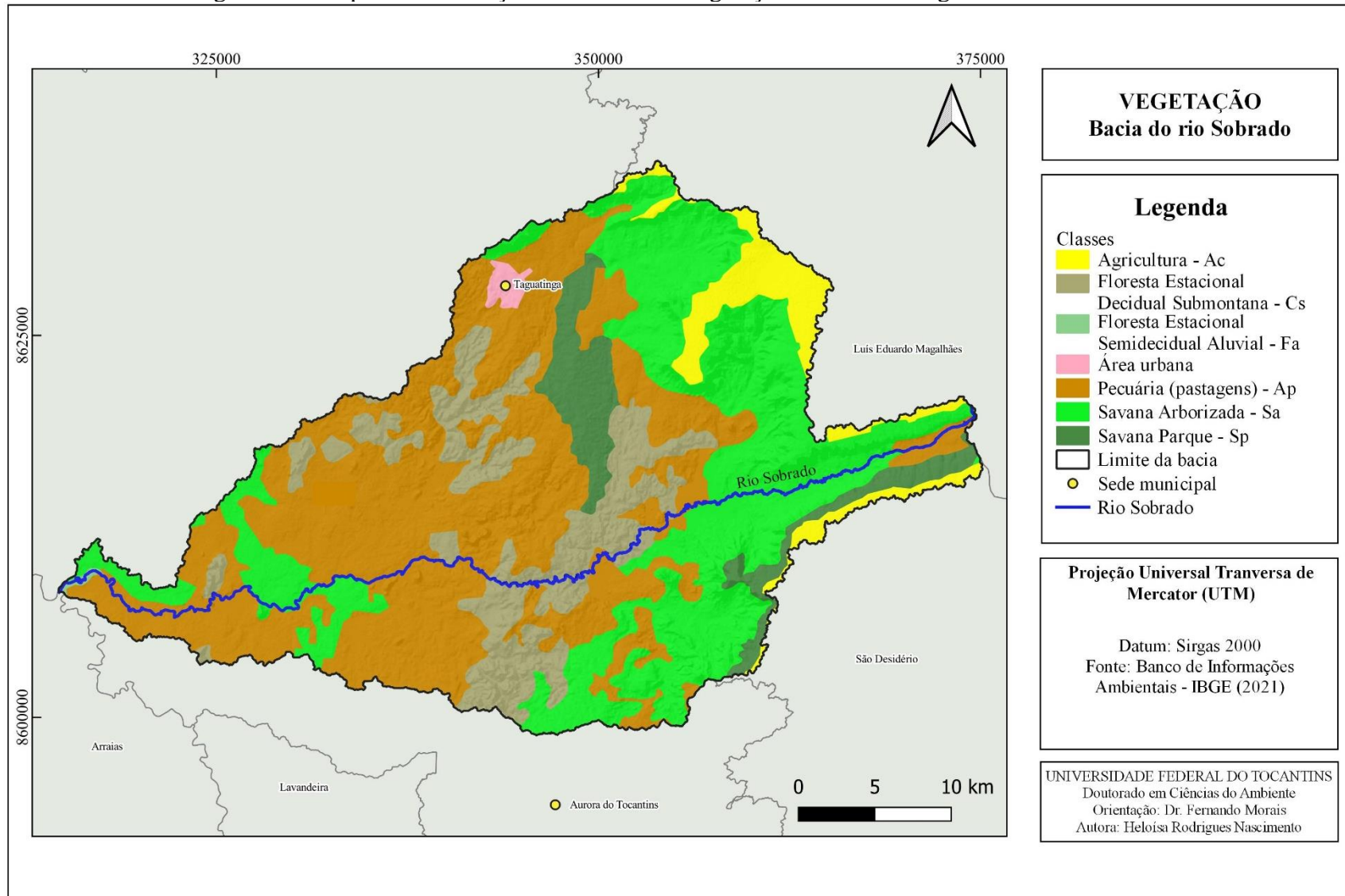
As classes de vegetação presentes na bacia do rio Sobrado, de acordo com o IBGE (2020c), são: Savana Arborizada, Savana Parque, Floresta Estacional Decidual Submontana, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Figura 11).

A Floresta Estacional Semidecidual é um tipo de vegetação presente em áreas caracterizadas por um período de chuvas intensas durante o verão, seguido por uma estação seca. As árvores apresentam queda de folhas (em torno de 20% a 50%) no estrato arbóreo durante o período de estiagem (IBGE, 2012; SEPLAN, 2013).

A Floresta Estacional Decidual é um tipo de vegetação presente em áreas que possuem duas estações climáticas definidas, um período com chuvas, e outro caracterizado por um período seco. A queda de folhas no estrato arbóreo (acima de 50%) acentua-se ao longo do período seco. Além disso, a ocorrência desse tipo de vegetação, geralmente, está associada a ambientes em que predominam solos litólicos, afloramentos rochosos (rochas carbonáticas) ou áreas de relevo acidentado (IBGE, 2012; SEPLAN, 2013).

A Savana é um tipo de vegetação xeromorfa, com a ocorrência em diferentes climas, constituída por vegetação herbácea, intercalada por plantas lenhosas de pequeno porte. Apresenta quatro subtipos segundo IBGE (2012): Savana Florestada (Cerradão), Savana Arborizada (Campo Cerrado), Savana Parque (Parque de Cerrado ou Campo Sujo) e Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo Limpo). As denominações entre parênteses referem-se a nomenclatura de Ribeiro e Walter (2008) para as fisionomias do Cerrado.

Figura 11 – Mapa da distribuição das classes de vegetação na bacia hidrográfica do rio Sobrado



2.1.6 Atrativos turísticos e sítios arqueológicos e paleontológicos

Na abrangência da bacia do rio Sobrado, tem-se a presença de diversos atrativos turísticos e espeleológicos, como a Cachoeira do Registro, localizada próximo à Serra Geral, formada pelas águas do rio Sobrado, onde foi instalada uma Pequena Central Hidrelétrica, denominada PCH Sobrado. Em suas proximidades, na estrada vicinal sentido Taguatinga, do lado esquerdo, há acesso ao Poço dos Amores, local bem conservado do ponto de vista ambiental, com corredeiras, também formado pelas águas do rio Sobrado. Nessa mesma estrada vicinal, tem-se o ribeirão Sobradinho, caracterizado por apresentar águas transparentes, utilizado nos finais de semana para lazer da população local (Figura 12).

Ainda em Taguatinga, está localizada a Gruta dos Caldeirões, considerada uma das cavernas mais belas da região (Figura 12).

No município de Aurora do Tocantins, tem-se a surgência do rio Azuis, conhecido por ser o menor rio do Brasil (Figura 12), que se destaca como local de grande potencial turístico por sua beleza (Silva, 2019). Ressalta-se que o rio Azuis deságua no rio Sobrado. A bacia ainda apresenta, em seus limites, algumas cavernas conhecidas, como a Gruta do Urso, com potencial paleontológico, e a Gruta dos Moura, detentora de pinturas rupestres. E, ainda, a cidade dos Totens, uma área formada por depósitos de areia nas proximidades da Serra Geral.

No tocante ao potencial paleontológico, algumas cavernas situadas no município de Aurora do Tocantins têm sido objeto de expedições de estudos científicos para identificação de seus conteúdos fossilíferos, em grande parte atribuídos ao período final do Pleistoceno e início do Holoceno (Avilla *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2014). A seguir, serão apresentados os resultados publicados por algumas dessas pesquisas.

Oliveira *et al.* (2011) identificaram, a partir de uma estrutura dentária, coletada na Gruta dos Moura, um novo gênero de marsupial didelfimórfico (*Didelphimorphia*, *Didelphidae*). Avilla *et al.* (2013) recuperaram os fósseis de *Catagonus stenocphalus* (espécie de queixada), na Gruta dos Moura. Castro *et al.* (2013) identificaram o resto do *Proptraopus sulcatus* (espécie de tatu) na Gruta do Urso. Hsiou *et al.* (2013) identificaram fósseis de *Squamata*: uma espécie de serpente *Boidae*, *Eunectes murinus* e dois táxons de lagartos *Teiidae*, *Ameiva* e *Tupinambis*, encontrados na Gruta do Urso. As mudanças climáticas, ocorridas no final do Pleistoceno e início do Holoceno, podem ter contribuído para a extinção de alguns táxons registrados nessas cavernas.

Rodrigues *et al.* (2014) apresentaram novos registros fossilíferos coletados na Gruta do Urso, em que foram identificadas as seguintes espécies de carnívoros: *Panthera onca*,

Leopardus sp., *Galictis cuja*, *Procyon cancrivorus*, *Nasua nasua* e *Arctotherium wingei*. Em relação às condições climáticas, sugerem um ambiente mais seco, vegetação mais aberta e temperaturas mais moderadas que o atual cenário apresenta no Cerrado.

Os resultados de uma pesquisa reconheceram a diversidade de fósseis de marsupiais identificados na Gruta dos Moura, atribuídos ao final do Pleistoceno, sendo eles: *Didelphis albiventris*, *D. aurita*, *Gracilinanus agilis*, *G. microtarsus*, *Marmosa murina*, *Monodelphis brevicaudata*, *M. domestica* e *Sairadelphys tocantinensis* (Villa Nova; Avilla; Oliveira, 2015).

Maldonado *et al.* (2016) identificaram acumulação fóssil de indivíduos de três espécies de cervídeos recuperados na Gruta do Urso. Os dados sugerem que a história tafonômica dos veados ao redor da Gruta ocorreu em condições áridas e podem ser atribuídas ao final do Pleistoceno e início do Holoceno.

A partir da identificação de materiais cranianos e pós-cranianos coletados na Gruta do Urso, os espécimes foram identificados como *Palaeolama major* (camelídeo), e a sua presença no entorno da caverna indica a existência de um ambiente aberto (Rocha-dos-Santos; Avilla; Scherer, 2017).

A coleta de materiais, como molares isolados e alguns fragmentos de maxilas e mandíbulas, permitiu registrar e descrever os fósseis de roedores sigmodontíneos na Gruta do Urso, e foram identificados 12 taxa: *Akodon sp.1*, *Calomys sp. 2*, *Holochilus sp.*, *Kunsia tomentosus*, *Necomys lasiurus*, *Oecomys sp.*, *Oligoryzomys sp. 1*, *Oligorysomys cf. mattogrossae*, *Oxymycterus sp.*, *Pseudoryzomys simplex* e *Thalpomys lasiotis* (Pires; Avilla; Weksler, 2018).

Na caverna denominada Gruta Tacho de Ouro, em Aurora do Tocantins, foram encontrados os registros fósseis dos seguintes taxa: *Tayassu pecari*, *Cervidae indet.*, *Odocoileus virginianus*, *Mazama sp.*, *Paleolama major*, *Tapirus sp.*, *Coendou sp.* e *Catonyx cuvieri*. A identificação da presença dessas espécies pode revelar importantes informações sobre a paleofauna que habitou essa região e indicar que o clima do ambiente pretérito no entorno da Gruta tenha sido mais árido, pela presença de *Catonyx cuvieri*, ou mais úmido pela presença de *Coendou sp.* e *Odocoileus virginianus*, atribuídas ao intervalo Pleistoceno Superior-Holoceno (Buchmann *et al.*, 2017).

Outra pesquisa se refere à descrição de grãos de pólen de angiospermas coletados em sedimentos do quaternário na Gruta do Urso. Freitas *et al.* (2020) apresentaram o registro de 44 tipos polínicos, que ocorrem atualmente nas fitofisionomias vegetais do bioma Cerrado (Formação Florestal, Formação Savânica e Formação Campestre), distribuídos em 26 famílias. As famílias botânicas mais representativas foram: Fabaceae (8), Malvaceae (4),

Euphorbiaeaceae (3), Anacardiaceae (3), Apocynaceae (2), Cannabaceae (2), Sapindaceae (2) e Poaceae (2). Esses dados indicam a paleovegetação na área em torno da caverna durante o Último Máximo Glacial e Holoceno.

Nota-se que os estudos concentrados em duas cavernas, Gruta do Urso e Gruta dos Moura, apresentaram a identificação de diversos fósseis que habitaram a região há milhares de anos, e fica evidente que é necessário expandir o conhecimento sobre as cavernas dessa região, tendo em vista a potencialidade de exploração científica que as cavernas da região cárstica de Aurora do Tocantins possui diante dos resultados apresentados.

No município de Taguatinga, estão cadastrados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) 15 sítios arqueológicos. Seis estão compreendidos na área da bacia do rio Sobrado: a Gruta dos Caldeirões apresenta classificação como bem arqueológico do tipo pintura rupestre; a Gruta dos Tapuios II, Lagoinha II, Gruta do Gonçalo e Porto Alegre são classificadas como bem arqueológico do tipo lito-cerâmico; e o Abrigo dos Tapuios possui classificação como bem arqueológico do tipo lito-cerâmico com presença de pintura rupestre (IPHAN, 2022).

No município de Aurora do Tocantins, estão cadastrados quatro sítios arqueológicos. Dois deles estão situados na bacia do rio Sobrado: Buraco do Júnior e Gruta Tacho de Ouro (Figura 13), ambos situados no mesmo maciço de afloramento de rochas carbonáticas e classificados como bem arqueológico em função da existência de pinturas rupestres (IPHAN, 2022).

Figura 12 – Localização dos atrativos turísticos na abrangência da bacia do rio Sobrado

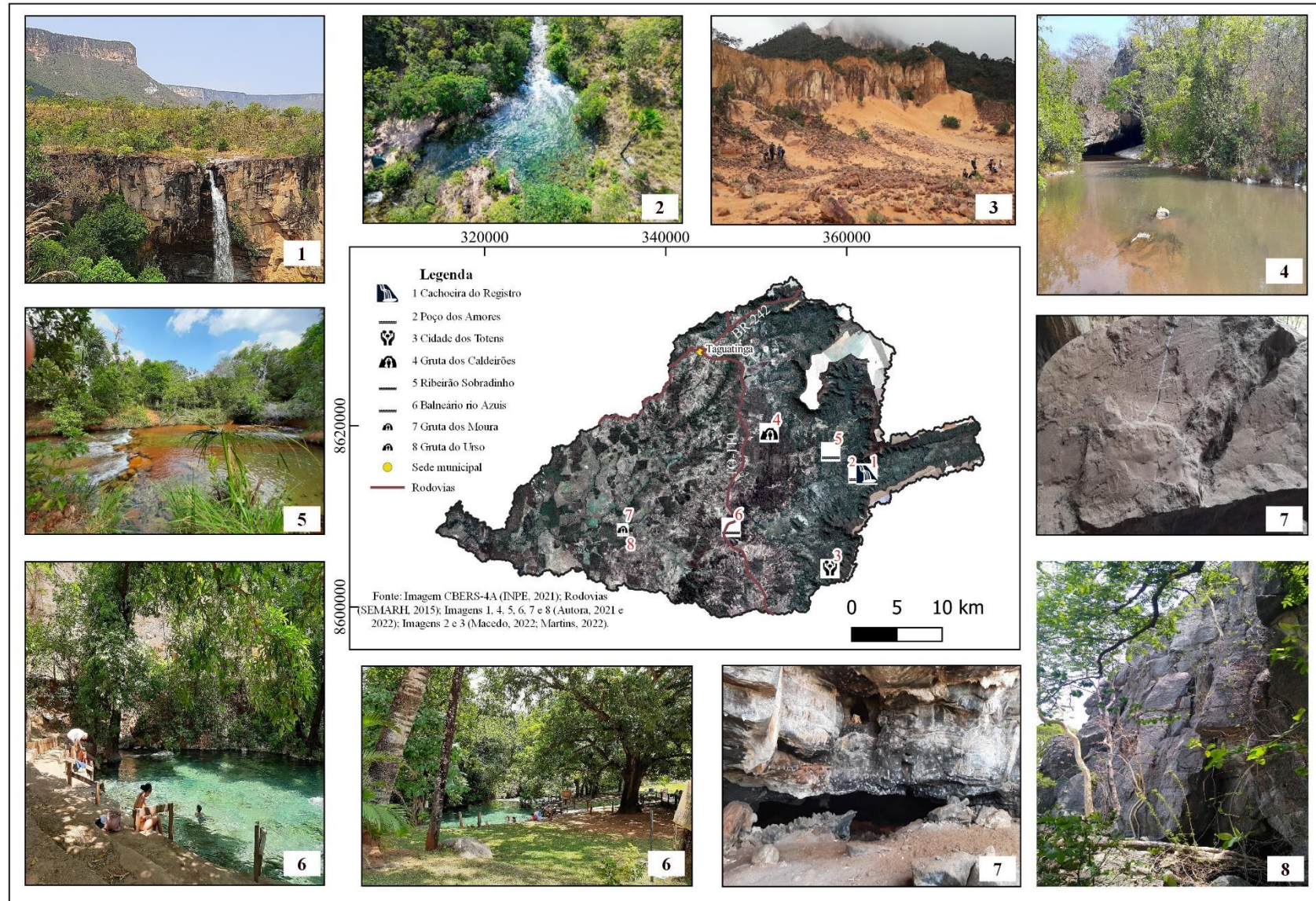
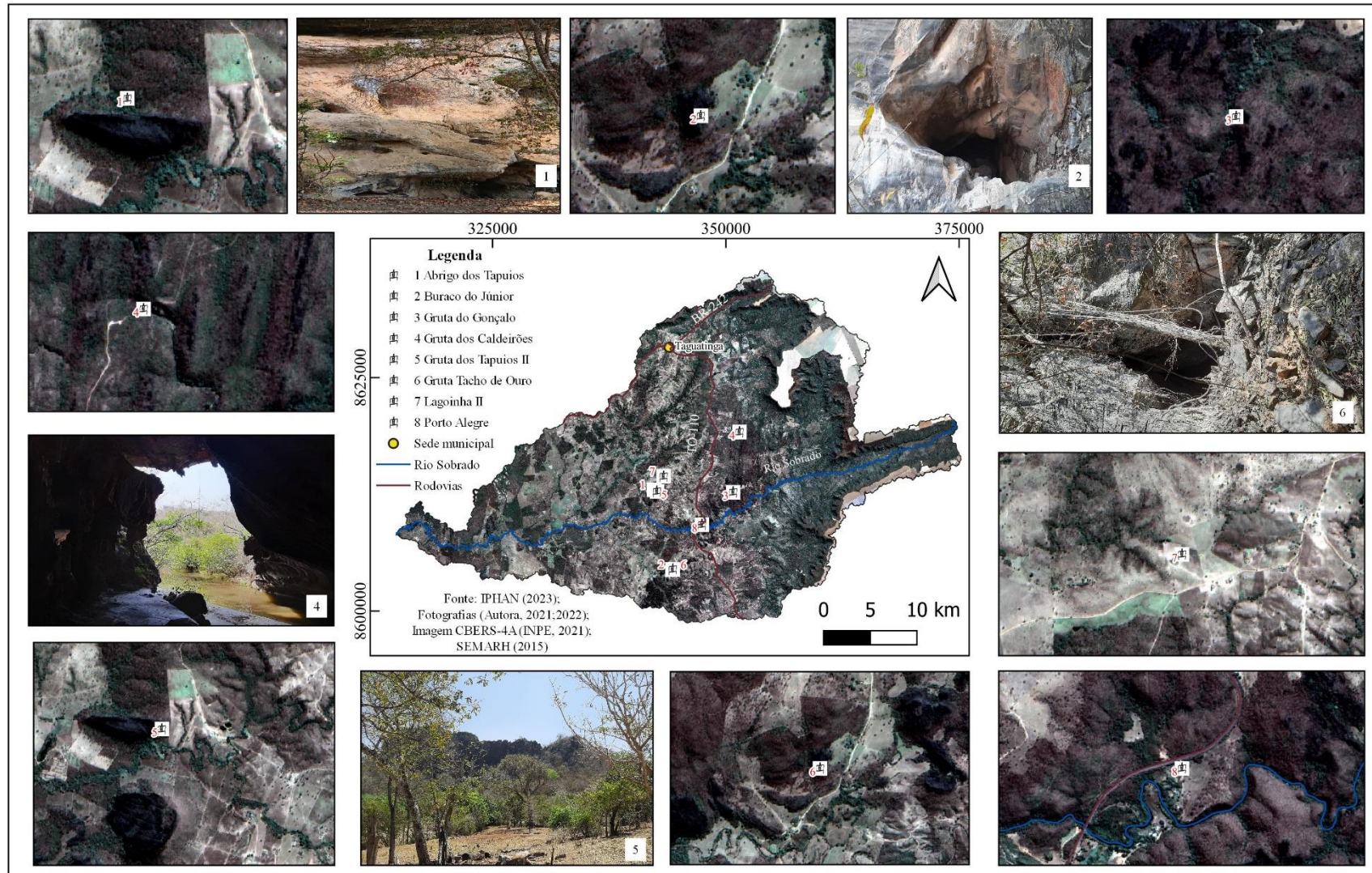


Figura 13 – Localização dos sítios arqueológicos na abrangência da bacia do rio Sobrado



2.1.7 Hidrografia

No trabalho de campo, foi possível visitar alguns pontos no rio Sobrado. Entre eles, o ponto n° 1 está localizado na área da PCH Sobrado, no município de Taguatinga, com a finalidade de geração de energia elétrica (Figura 14).

Figura 14 – Uso da água do rio Sobrado na PCH Sobrado



Fonte: Autora (2021).

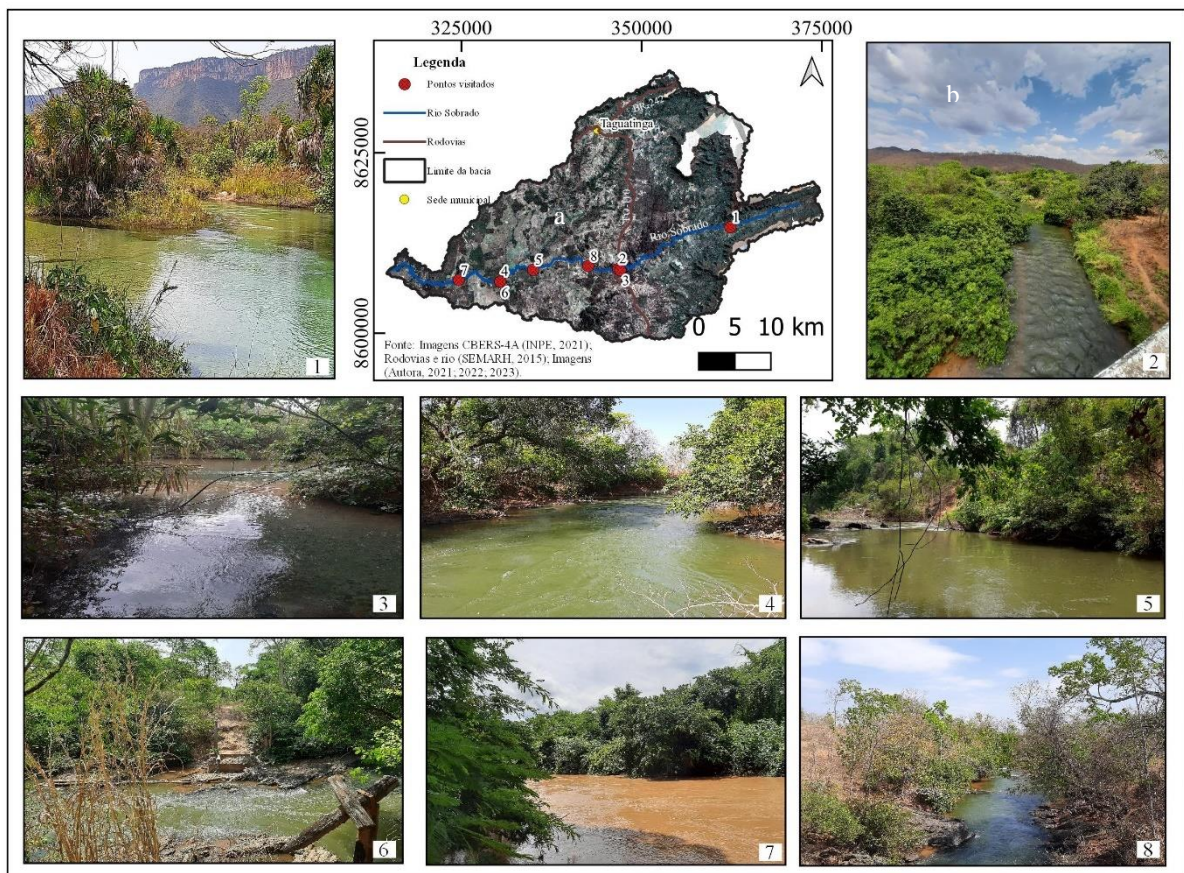
O ponto n° 2 está situado na ponte da TO-110, próximo à entrada de acesso ao rio Azuis. A sua utilização está voltada para o abastecimento da população local, agricultura familiar. O ponto n° 3 localiza-se no encontro do rio Azuis com o rio Sobrado, área destinada ao lazer dos visitantes. Os pontos n° 4 e 6 situam-se na ponte quebrada. Nesse local, foi possível visitar as duas margens. O ponto n° 4 está próximo à área de pivôs, onde a água do rio serve para irrigação de culturas, e o ponto n° 6, para uso dos moradores da fazenda. O ponto n° 5 está localizado na Fazenda Veneranda, e seu uso está associado ao abastecimento da fazenda para atender ao uso doméstico e à criação de animais. O ponto n° 7 está situado na Fazenda Tamburil, onde foi possível visualizar as margens do rio e a presença de equipamentos para bombear água distribuída nas pastagens, objetivo de dessedentação de animais. É importante destacar que essa finalidade foi identificada na maioria dos pontos visitados. E o ponto n° 8 está situado na ponte próxima à unidade geocológica 14_4 (Figura 15 e 16).

Figura 15 – Equipamento para captação de água no rio Sobrado – Fazenda Tamburil



Fonte: Autora (2022).

Figura 16 – Pontos visitados no rio Sobrado



Fonte: Autora (2021, 2022, 2023).

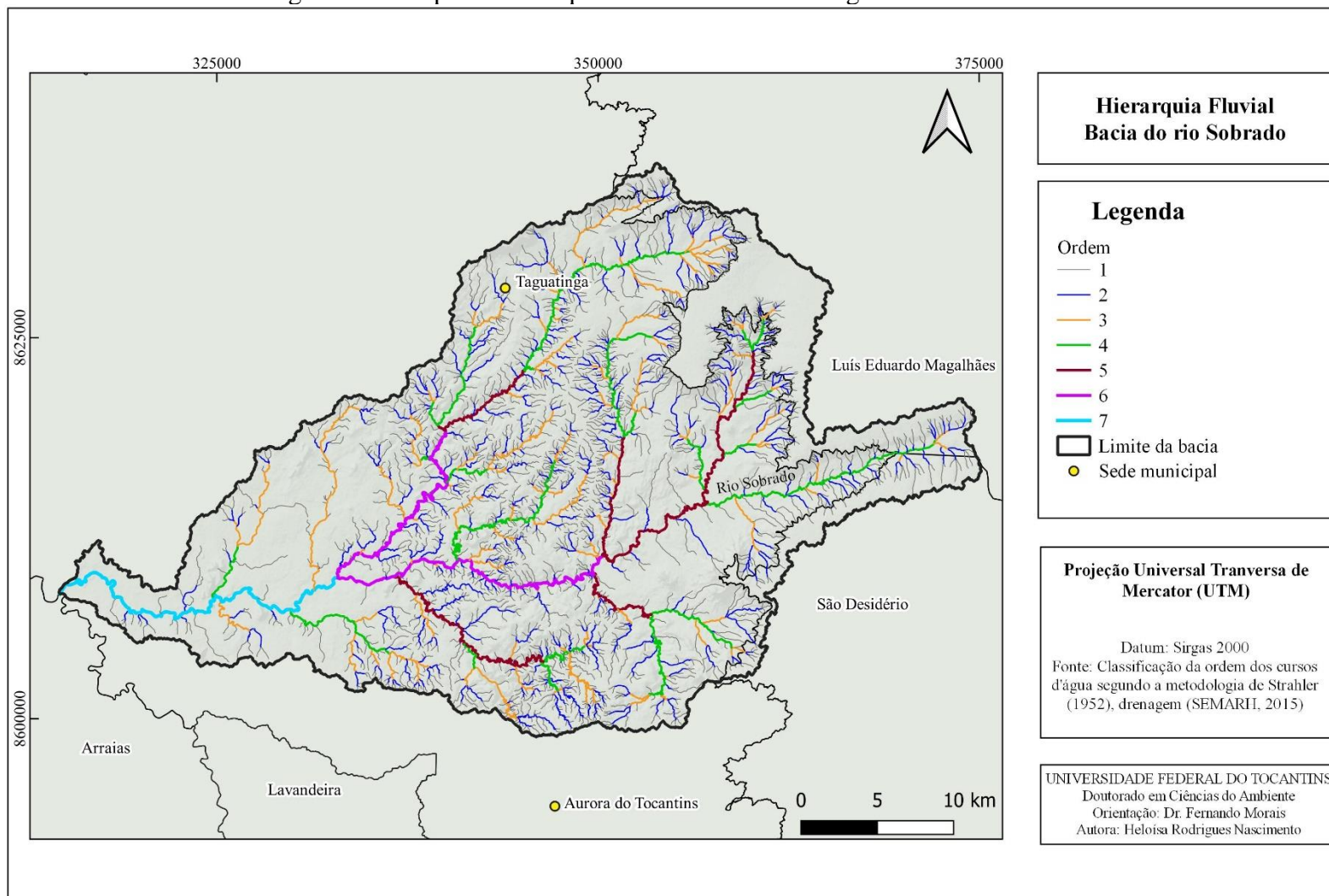
A rede de drenagem utilizada no trabalho foi obtida na página da SEMARH-TO (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins), extraída a partir do processamento e interpretação das imagens do satélite Pléiades, ano 2015 (SEMARH, 2015).

A bacia do rio Sobrado é constituída por 4.725 canais. A hierarquia fluvial foi definida de acordo com a metodologia proposta por Sthraler (1952). Foram classificados 2.426 canais

de 1ª ordem, 1.176 canais de 2ª ordem, 542 canais de 3ª ordem, 350 canais de 4ª ordem, 124 canais de 5ª ordem, 88 canais de 6ª ordem e 19 canais de 7ª ordem (Figura 17).

O processo de hierarquização dos cursos d'água demonstra a estrutura do sistema de drenagem no conjunto total da bacia hidrográfica (Christofoletti, 1980). A partir dessa classificação, torna-se possível identificar a organização natural por ordem, variando dos canais de menor volume (canais de primeira ordem) para aqueles que acumulam os maiores volumes de água. Isso significa que a área da bacia de sétima ordem acumula águas das bacias de primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta ordem (Coelho Netto; Avelar, 2007).

Figura 17 – Mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Sobrado



3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Paisagem

O conceito de paisagem pode variar de acordo com a área de estudo e/ou aplicação. As diferentes definições dependem da perspectiva de abordagem (Martins *et al.*, 2004; Monteiro; Côrrea, 2014) e das orientações teórico-metodológicas envolvendo as diferentes disciplinas para a devida compreensão (Maciel; Lima, 2011).

Os conceitos sobre paisagem podem variar desde uma visão estético-descritiva baseada nas ideias da Geografia Física sobre os fenômenos naturais em meados do século XIX até o desenvolvimento do conceito que vem sendo construído por influência de outras ciências, definindo-se como Ciência da Paisagem (Guerra; Marçal, 2018).

A diversidade de conceitos sobre paisagem traz consigo a noção de “espaço aberto”, resultado das interações dinâmicas entre o homem e seu ambiente, contemplada a partir de uma observação e inserida no contexto da maioria das definições do termo. A compreensão da paisagem como imagem geralmente deve considerar o ponto de vista do observador, resultando em várias percepções (Metzger, 2001).

Alexander Von Humboldt foi um dos pioneiros em estudos relacionados à paisagem. A ótica de Humboldt aproxima-se da ideia positivista, pois mostra um conjunto de relações de fatos naturais (Schier, 2003). Para Humboldt, a fisionomia da vegetação era relevante para caracterizar a paisagem, resultando o conceito de região natural (Martinelli; Pedrotti, 2001).

A concepção de paisagem, desenvolvida por Humboldt, originando o termo em alemão *landschaft*, e posteriormente estudada por Dokuchaev, Passarge e Berg no século XIX e nos primeiros anos do século XX, carrega uma noção de natureza envolvendo características físicas (rocha, relevo, clima, água, vegetação, solos) e espaço físico (Rodríguez; Silva, 2002).

Karl Ritter apresentou uma visão antropocêntrica em relação ao conceito de paisagem. Paul Vidal de La Blanche caracterizou a paisagem como sendo resultado das atividades humanas que utilizam os recursos naturais disponíveis para modelar o planeta Terra em função das necessidades (Rodríguez; Silva, 2002).

Carl Sauer, na década de 1920, apresentou a noção de paisagem cultural, em que a paisagem natural sofre modificações em virtude das ações culturais no decorrer do tempo, oriundas das ações dos grupos sociais. Ou seja, a relação entre elementos naturais e antrópicos é fundamental para a compreensão da paisagem (Rodríguez; Silva, 2002; Schier, 2003).

A paisagem abordada pelos conceitos *Human Ecology*, de origem norte-americana, pode ser pensada como um sistema ecológico, sobre a qual interagem os organismos e o ambiente (Lopes, 2013; Schier, 2003).

Maciel e Lima (2011) apontam que o conceito de paisagem, nas duas primeiras décadas do século XX, estava ligado aos aspectos naturais e, posteriormente, fazia referência às suas características fisionômicas, sem apresentar uma visão integradora e abrangente dos aspectos físicos e sociais. Após a década de 1920, a paisagem passou a ter uma ótica mais integradora no que diz respeito aos seus componentes. Esse período foi marcado pelo surgimento da Teoria Geral dos Sistemas, publicada em 1948, por Ludwig Von Bertalanffy, que apresentou novas concepções aos estudos das paisagens sob visão sistêmica e dinâmica entre os elementos que fazem parte de sua estrutura.

Ao referir-se à paisagem, é comum uso de uma classificação tradicional: paisagem natural e paisagem cultural. A paisagem natural envolve os elementos naturais combinados (geologia, geomorfologia, vegetação, solo, recursos hídricos), enquanto a paisagem cultural ou humanizada inclui as transformações realizadas pelos seres humanos, com destaque à presença de elementos culturais (Cavalcanti, 2018; Schier, 2003; Silveira, 2009).

Os estudos sobre paisagem, como categoria de análise, atualmente, têm lugar de destaque nos debates envolvendo as questões ambientais. A análise da paisagem é uma ferramenta fundamental para compreender o ambiente (Lopes, 2013), é base para investigações de caráter ambiental, que inicia com levantamento e caracterização dos atributos espaciais, bem como resulta em diagnósticos ambientais que fornecem subsídios para direcionar uso e práticas de atividades sob um enfoque de uso racional e diversificado para as condições locais (Cavalcanti, 2018; Ramón Puebla; Salinas Chávez; Noa, 2009).

As paisagens apresentam uma diversidade de características na superfície terrestre, que variam em função de vários fatores (clima, tectônico, relevo) e se modificam no decorrer do tempo. Por isso, a paisagem é formada por três camadas: potencial natural, atividade biológica e apropriação cultural (Cavalcanti, 2018). A paisagem é uma parte do espaço, que, para fins de análise, pode ser considerado multidimensional. Sob o ponto de vista prático, essas camadas são simultâneas e integradoras de um todo, não podem ser analisadas separadamente (Togashi, 2009).

A paisagem, na visão de AB'Sáber (2003), é uma herança, porque se desenvolve no decorrer do tempo e se torna produto dos diversos processos fisiográficos e biológicos, é patrimônio para as gerações futuras que a utilizarão para desenvolvimento de suas atividades naquele território.

Martinelli e Pedrotti (2001) afirmam que qualquer paisagem é produto da interação entre aspectos naturais e culturais. Portanto, para o completo entendimento, é necessária uma análise integrada da complexidade quanto a sua forma, sua estrutura e sua funcionalidade.

Em uma concepção sistêmica, Bertrand (2004, p. 141) define paisagem como

[...] uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Ao analisar uma paisagem, é preciso identificar, descrever e classificar os componentes que a constituem, resultando em sua taxonomia. Para determinar as unidades de paisagem, Bertrand (2004) realizou a classificação em unidades superiores (a zona, o domínio e a região) e unidades inferiores (o geossistema, o geofácies e o géotopo).

A caracterização de unidades da paisagem identifica as principais fragilidades ambientais, valor e estado de preservação da área de estudo, e, com isso, permite-se à sociedade estabelecer planos de proteção ambiental e políticas de gestão territorial para direcionar as atividades humanas a fim de garantir melhor qualidade de vida para a população (Amorim; Oliveira, 2008; Martinez-Graña *et al.*, 2017).

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017) citam que seis tipos de fatores geocológicos atuam na formação da paisagem: geológicos, climáticos, geomorfológicos, hídricos, edáficos e bióticos. Tais fatores naturais desempenham papel fundamental na composição, na estrutura, no funcionamento, na evolução e na dinâmica da paisagem.

Os fatores geocológicos (Figura 18), por sua vez, estão distribuídos em quatro categorias, de acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017, p. 85 e 88), cada um com sua função como agentes condicionantes e atuantes na formação da paisagem:

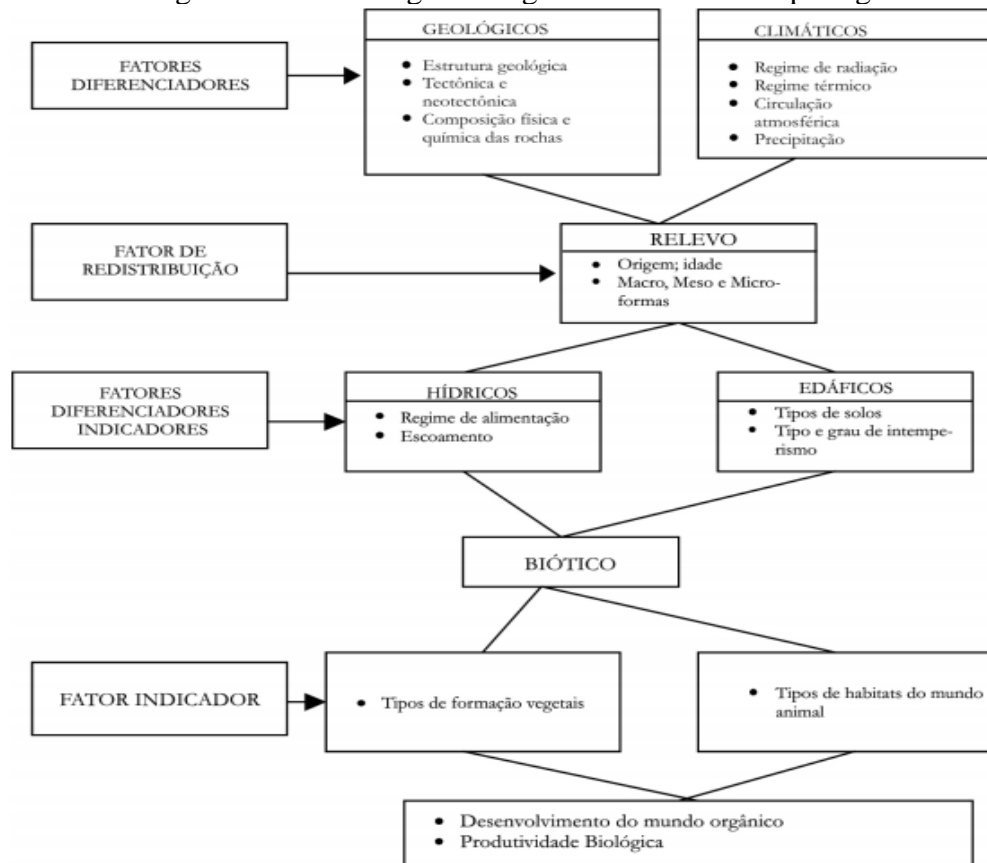
Fatores diferenciadores: que determinam as propriedades dos restantes componentes, ao aportar calor e umidade para o funcionamento do sistema. Sua composição substancial não se reflete de maneira direta ou tem uma manifestação longa. São os mais inerentes aos impactos antropogênicos.

Fatores de redistribuição: encarregados de redistribuir o calor e a umidade provenientes dos fatores diferenciadores, controlam e determinam os padrões de formação e diferenciação dos componentes restantes.

Fatores diferenciadores indicadores: têm um peso significativo na composição substancial do sistema, ao aportar a base hídrica e material concreta. Podem ser transformados não de maneira completa pelos impactos antropogênicos.

Fatores indicadores: resultam das influências combinadas dos fatores restantes, indicando as condições do habitat, a origem e a evolução. São os mais móveis e transformáveis pelos impactos antropogênicos.

Figura 18 – Fatores geocológicos formadores da paisagem



Fonte: Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017, p. 87).

Os fatores geocológicos atuam de forma diferente, considerando os aspectos espacial e temporal, o que implica diferenciação espacial de cada paisagem na superfície terrestre, e permitem delimitar as unidades de paisagem em um sistema de classificação determinado. E, ainda, deve ser considerada a influência dos fatores antrópicos como elementos diferenciadores da paisagem, sendo afetada pelas diferentes formas de uso da terra ao longo dos anos (Salinas Chávez *et al.*, 2019).

3.2 Cartografia de paisagem

A aplicação da cartografia de síntese surgiu no final do século XIX e início do século XX, com Vidal de La Blanche, com a finalidade de estudo e representação da paisagem. Esses trabalhos foram impulsionados a partir da utilização de ferramentas oferecidas pelos sistemas de informação geográfica na cartografia (Zacharias, 2008).

A representação cartográfica apresenta importância no planejamento ambiental, pois possibilita a integração de informações ambientais em uma única base de dados, de forma rápida e ágil, resultando em uma visão geral da situação espacial da paisagem. Portanto, na

delimitação das unidades de paisagem, a cartografia permite representar a relação dos componentes integrantes da paisagem (fatores abióticos, bióticos e antrópicos) e uma abordagem dinâmica por meio da elaboração de cenários gráficos, espaciais e temporais (Zacharias, 2008).

A cartografia de síntese apresenta conjuntos espaciais com características específicas, determinando agrupamento de locais caracterizados por agrupamento de atributos, os quais, na maioria das pesquisas, foram utilizados individualmente (Martinelli; Pedrotti, 2001). A unidade de paisagem pode ser definida como resultado da síntese dos elementos que a constituem, representando um conjunto complexo formado pelas características que a diferenciam de seu entorno. Esses aspectos são função de todos os elementos que integram o meio (Dalbem *et al.*, 2005; Ross, 2006).

Para a realização da delimitação, da classificação e da cartografia de paisagens, uma ferramenta valiosa é o uso de sistema de informação geográfica (SIG). O SIG possibilita manipulação e processamento de dados provenientes de diversos componentes (relevo, solos, vegetação, uso e cobertura) em um único projeto e, assim, realização de uma análise integrada, que pode ser utilizada em estudos e atividades de planejamento e gestão territorial e ambiental (Salinas Chávez *et al.*, 2013). Embora sejam muitas as vantagens apresentadas pelo SIG, a elaboração do mapa de paisagens necessita de conhecimento por parte do investigador para avaliar a qualidade dos resultados obtidos, os quais são validados com o auxílio do trabalho de campo (Salinas Chávez *et al.*, 2019).

A cartografia de paisagem apresenta como resultado final um mapa temático principal, onde se representam as unidades de paisagem, tanto em nível regional como local, a partir do qual se podem derivar outros mapas de interesse para planejamento e gestão ambiental, como: mapa de propriedade da paisagem (estrutura, funcionamento e dinâmica), mapa de modificação e transformação antrópica da paisagem, mapas de estabilidade da paisagem, mapas de avaliação de recursos e condições naturais (geral e por etapas), mapa de diagnóstico da situação ambiental da paisagem (estado ambiental), mapa de utilização da paisagem e mapa de utilização funcional da paisagem (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

O mapa da paisagem, elaborado a partir da delimitação das unidades caracterizadas pela interação resultante entre os diversos componentes e processos que ocorrem em determinada área, possibilita a elaboração de seu diagnóstico ambiental. Permite identificar conflitos originados pelas ações antrópicas exercidas no local, propor ações para compatibilizar desenvolvimento das atividades antrópicas e manutenção dos recursos naturais, bem como

serviços ecossistêmicos oferecidos e, com isso, delimitar as unidades visando à sua preservação, conservação ou restauração (García-Rivero *et al.*, 2019).

Cavalcanti (2017) afirma que a cartografia de paisagens permite identificar padrões de diferenciação e representação de áreas, em função de sua estrutura e seu funcionamento, que podem ser influenciados devido a diversidade de clima, tipos de solo e relevo, uso e cobertura da terra, cobertura vegetal e ainda fatores locais que promovem alterações nessas áreas.

A identificação das unidades de paisagem compreende um processo que subsidia diversas pesquisas de caráter ambiental, porém apresenta grande complexidade devido ao processo de interação entre os diversos atributos de ordem natural e antrópica, resultando na identificação das características responsáveis pela dinâmica da paisagem e das principais fragilidades de cada unidade ambiental. A partir do conhecimento destas, é possível elaborar diretrizes e ações de planejamento e ordenamento territorial, visto que o processo de delimitação das unidades possibilita uso e ocupação da terra de forma adequada (Amorim; Oliveira, 2008; Salinas Chávez *et al.*, 2013).

Para a classificação das unidades de paisagem, podem ser utilizados três enfoques básicos: tipológico, regional e topológico ou local. O tipológico significa delimitar unidades com características semelhantes e repetitivas no espaço e no tempo, atendendo a princípios de homogeneidade relativa e considerando as unidades adjacentes e desmembradas. O regional busca a delimitação a partir de fatores individuais e particulares, que não se repetem no espaço e no tempo. O topológico ou local está relacionado às dimensões do território, à escala de trabalho e ao comportamento dos elementos naturais (Rodríguez; Silva, 2002; Salinas Chávez *et al.*, 2019).

Segundo e Salinas-Chávez *et al.* (2019) e Salinas-Chávez e Ramón Puebla (2013), a obtenção do mapa de paisagem depende de várias etapas:

- existência de dados geográficos, como modelo digital de elevação (MDE) e dados temáticos da área de estudo (hipsometria, declividade, litologia, solos, hidrografia, clima, uso e cobertura da terra e outros);
- integração dos diferentes componentes mediante a sobreposição cartográfica e a transferência de atributos temáticos;
- obtenção a partir da análise integrada da informação temática, topográfica e imagens de satélite, resultando em um mapa preliminar da paisagem, o qual deve ser validado e corrigido a partir de trabalho de campo;

- conhecimento e intervenção durante o processo de elaboração do mapa de paisagem são necessários para cumprir o princípio da área mínima para realização de sua cartografia, de forma a alcançar coerência na representação espacial e eficiência na leitura do mapa final.

Os métodos gráficos e cartográficos são considerados procedimentos convencionais na elaboração do mapa de paisagens, porém podem ser utilizados métodos estatístico-matemáticos, que proporcionam resultados mais objetivos. Os métodos convencionais mais empregados são: a superposição cartográfica associada aos procedimentos gráficos; o cartográfico, como álgebra de mapas; o estatístico-matemático; e o método matricial (Queiroz Filho; Martinelli, 2007).

Os métodos estatístico-matemáticos são formas de análise multivariada, utilizados para trabalhar com grande conjunto de atributos que caracterizam as unidades de paisagem. Nesse sentido, é comum o uso dos métodos de análise fatorial (*Factor Analysis*) complementada pela análise de agrupamento (*cluster analysis*) (Queiroz Filho; Martinelli, 2007).

Para as atividades de delimitação, classificação e cartografia de paisagens, Lameira (2009) cita a aplicação do método cartográfico baseado na sobreposição dos planos de informação ou *layers (overlay)*, usado para associar os atributos espaciais, que serão integrados nas unidades de paisagem a partir de características similares.

A modelagem cartográfica ou álgebra de mapas, utilizada a partir dos SIGs, são procedimentos matemáticos realizados em operações booleanas. Esse procedimento é semelhante à técnica de *overlay*. Essas operações são apoiadas em estruturas algébricas, que usam operações lógicas E, OU e NÃO, e operações da teoria de conjuntos, tais como soma, produto e complemento. Para a sua execução no SIG, é importante ressaltar que as análises são realizadas no formato matricial ou raster (Lameira, 2009; Queiroz Filho; Martinelli, 2007).

Alguns trabalhos podem ser citados envolvendo os procedimentos para a obtenção do mapa de paisagem, entre eles, a aplicação do método cartográfico como os estudos elaborados por Ramón Puebla, Salinas Chávez e Noa (2009), García-Rivero *et al.* (2019), Trombeta, Salinas Chávez e Leal (2019) e o trabalho desenvolvido por Braz *et al.* (2020), que utilizaram o método estatístico-matemático por agrupamento (*clusters*).

O grande desafio metodológico para a elaboração dos mapas de paisagem é a seleção das variáveis que caracterizarão as unidades a serem mapeadas, e a sua classificação é uma atividade complexa, pois envolve grande quantidade de variáveis relacionadas e constituintes da paisagem (Braz *et al.*, 2020; Cavalcanti, 2018; Ramón Puebla; Salinas Chávez; Noa, 2009).

Ademais, a determinação dos níveis hierárquicos constitui-se em um fator complicador na cartografia de paisagens (Cavalcanti, 2018).

É importante ressaltar que os elementos que compõem a paisagem estão em constante modificações e são partes interagindo entre si. Esses elementos organizam-se naturalmente em uma hierarquia; podem ser classificados por meio de suas características em comum; e a fisionomia das paisagens reflete sua estrutura, sua dinâmica e sua evolução (Cavalcanti, 2018).

3.3 Geossistemas

O termo *geossistema* foi proposto, no início da década de 1960, por Viktor Sochava, o qual se baseou em sua vivência na pesquisa e na interpretação do espaço geográfico de seu país, a Ex-União Soviética (Neves *et al.*, 2014; Troppmair; Galina, 2006). Essa concepção foi interpretada à luz da Teoria Geral dos Sistemas (Maciel; Lima, 2011). Isso levou a considerar a paisagem natural como sinônimo de geossistema e a enxergar a paisagem de forma sistêmica e integrada por cinco atributos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação (Rodriguez; Silva, 2002).

No Brasil, os estudos desenvolvidos sob a base teórica e metodológica geossistêmica foram influenciados por franceses e soviéticos. O trabalho do autor francês Georges Bertrand, publicado em 1968, e traduzido para o português como *Paisagem e geografia física global: esboço metodológico*, no ano de 1972, proporcionou o conhecimento sobre o conceito de geossistema no país (Ross, 2006).

A tradução dos textos de Sochava, realizada pelo professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, introduziu no Brasil essa concepção originada dos estudos sobre Ciência da Paisagem soviética, além de alguns textos de Nikolai Levanovich Beruchashvili, publicados em francês e espanhol. Outro trabalho a ser citado é o da espanhola Maria Bólos (1981), cuja corrente influenciadora são as proposições de Georges Bertrand (Cavalcanti; Corrêa; Araújo Filho, 2010; Cavalcanti; Corrêa, 2016).

O Quadro 4 apresenta os conceitos sobre geossistema proposto por alguns autores.

Quadro 4 – Conceitos de geossistema encontrados na literatura

Autores	Conceito de geossistema
Sotchava (1978 <i>apud</i> Ross, 2006, p. 25)	“[...] os geossistemas são fenômenos naturais, embora todos os fatores econômicos e sociais afetem a sua estrutura e peculiaridades espaciais.”
Bertrand e Bertrand (2002 <i>apud</i> Cavalcanti; Corrêa, 2016, p. 6)	“[...] entidade natural formada pelas relações entre os componentes da natureza e impactada pela ação da sociedade.”
Troppmair e Galina (2006, p. 81)	“[...] geossistema é um sistema natural complexo e integrado, onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem.”

Fonte: Elaborado pela autora.

Cavalcanti (2013) menciona, resumidamente, as características abrangentes em relação ao geossistema: são unidades naturais com dimensão geográfica qualquer; são áreas definidas por um regime particular de circulação de substâncias; podem apresentar dimensões variadas; integram uma entidade maior (superfície terrestre); sua organização ocorre de modo hierárquico; as diferenças na circulação de substâncias originam uma variedade de geossistema; cada geossistema é autônomo, porém não apresenta funcionamento isolado.

Ao estudar o geossistema, deve-se considerar a conexão entre os elementos abióticos (solo, relevo, clima, hidrografia), bióticos (vegetação e animais), inserir os efeitos promovidos pelo avanço das atividades humanas e realizar a abordagem de maneira integrada e na mesma escala temporal (Christofolletti, 1999; Silva, 2008).

Ross (2006) afirma que, de acordo com Sotchava (1978), os geossistemas são sistemas abertos, dinâmicos e hierarquicamente organizados. Para a realização de mapeamentos em diferentes escalas e espacialização territorial, definiram-se duas categorias de geossistemas: os gêomeros, que são as unidades territoriais homogêneas, enquanto os geócoros definem o conjunto de unidades heterogêneas. Essas unidades podem ser divididas em três níveis taxonômicos: topológico, regional e planetário.

As relações e a dinâmica entre os elementos da paisagem estão diretamente ligadas ao conceito de geossistema. Portanto, o geossistema não é a paisagem em sua totalidade. Esse último conceito é de maior abrangência. Os elementos não podem ser estudados de forma separada, pois um complementa o outro. É essencial a aproximação deles nos estudos de caráter ambiental (Neves *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, os estudos envolvendo os geossistemas têm se tornado relevantes e com aplicação crescente, devido à busca por soluções que visem à conservação e ao uso racional dos recursos naturais, bem como ao desenvolvimento da paisagem, beneficiando todos os componentes bióticos e abióticos que fazem parte da biosfera e da sociedade humana (Troppmair; Galina, 2006).

Os estudos compreendidos sob a visão do geossistema permitem um diagnóstico do meio ambiente, resultando na identificação das fragilidades e das potencialidades em distintas escalas temporais e espaciais, de análise e complexidade, e contribuem para ampliação do conhecimento da relação homem e natureza (Neves *et al.*, 2014).

A abordagem geossistêmica busca compreender a variedade de paisagens como produto histórico dos fluxos de matéria e energia envolvendo a sua transformação diante das atividades humanas. Embora o geossistema seja um fenômeno natural, as atividades sociais e econômicas influenciam sua estrutura e podem estar diretamente associadas às modificações ocorridas no decorrer do tempo (Maciel; Lima, 2011).

3.4 (Geo)Ecologia da Paisagem: uma abordagem sistêmica

Entre as perspectivas da abordagem sistêmica voltada para o desenvolvimento de pesquisas no âmbito de sistemas ambientais no decorrer dos anos, pode-se citar o conceito de geossistema elaborado por pesquisadores como Sotchava (1978), na antiga União Soviética, por Bertrand (1968), na França; a Ecologia da Paisagem, designado por Troll (1939), unificando conceitos da abordagem geográfica e ecológica e ainda as proposições relacionadas com a Ecodinâmica e a Ecogeografia de Jean Tricart (1977) (Christofoletti, 1999).

Nesse sentido, a Geoecologia da Paisagem tem sua gênese na definição apresentada pelo biogeógrafo alemão Carl Troll, no ano de 1939, inicialmente denominada Ecologia da Paisagem e, posteriormente, em 1966, renomeada para Geoecologia da Paisagem (Metzger, 2001; Rodriguez; Silva, 2002).

Os estudos de Carl Troll apresentaram análises vinculadas ao uso da terra e à interpretação da paisagem resultante da interação homem-ambiente, unificando conceitos no âmbito da geografia, como paisagem, e da ecologia em relação a elementos que integram a paisagem do ponto de vista físico-natural (Siqueira; Castro; Faria, 2013).

Desse modo, Metzger (2001) cita que essa disciplina apresenta duas vertentes de estudo e aplicações: a geográfica e a ecológica. A integração das duas ciências contribuiu para o surgimento da abordagem sistêmica nos estudos ambientais, dividindo-se em dois campos: a

Geoecologia da Paisagem, com abordagem geográfica e integrada de base ambiental; e a Ecologia da Paisagem, focada em estudos biológicos e ecológicos no estudo da paisagem (Chaves; Souza, 2021). Os dois campos do conhecimento se complementam. Mesmo apresentando referenciais distintos, buscam analisar os aspectos estruturais, funcionais e dinâmicos para compreensão da paisagem (Christofoletti, 1999).

A Ecologia da Paisagem (ecológica) analisa como as modificações nos padrões espaciais da paisagem interferem nos processos ecológicos, influenciada por ecologia de ecossistemas, modelagem e análise espacial. Com ênfase nas paisagens naturais, tem como objetivo a conservação da biodiversidade e o manejo integrado dos recursos naturais (Boscolo; Ferreira; Lopes, 2016; Botequilha-Leitão; Guiomar, 2021; Metzger, 2001).

A Geoecologia da Paisagem (geográfica) apresenta uma abordagem voltada para o processo de espacialização, regionalização e tipologias para fins de planejamento e gestão ambiental (Faria; Pessoa; Silva, 2021). Metzger (2001) apresenta essa vertente como uma disciplina sistêmica por meio da integração de diversas áreas do conhecimento: ciências sociais, geofísicas e biológicas, com enfoque para análise integrada da paisagem, considerando a perspectiva de paisagem cultural e os aspectos socioeconômicos.

Os resultados da integração de conhecimentos servem de subsídio para as atividades socioeconômicas, indicam, por meio do diagnóstico, potencialidades e limites dos recursos, bem como avaliação das transformações ocorridas na superfície terrestre, culminando em ações que visem a práticas de manejo sustentável e conservação dos recursos e manutenção das funções ambientais (Faria; Pessoa; Silva, 2021).

Diversas são as contribuições da abordagem sistêmica na análise das paisagens. As propostas de estudo não visam caracterizar individualmente os componentes do sistema, mas buscar a interação entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos para entender como se dá sua organização, sob o viés de um sistema total (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

A compreensão do sistema total, incluindo a interdisciplinaridade, torna-se essencial para representar sua dinâmica, reflexo da inter-relação complexa dos processos naturais e culturais e, assim, consolidar as propostas de planejamento ambiental e desenvolvimento sustentável (Christofoletti, 1999).

3.4.1 Geoecologia da Paisagem: abordagem geográfica

A partir da evolução do conceito de paisagem, novas perspectivas foram surgindo e contribuíram para a consolidação da base teórica da Geoecologia. Farias (2015) as cita

resumidamente: a Escola Naturalista alemã e russa do século XIX a meados do século XX; a concepção geossistêmica elaborada na União Soviética; os trabalhos desenvolvidos por Carl Troll e outros estudiosos alemães do século XX; e a escola de Paisagem Cultural de Carl Sauer no século XX.

A vertente da Geoecologia originou-se a partir de pesquisas desenvolvidas no século XIX por estudiosos como Humboldt, Lomonosov e Dokuchaev (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017). A visão de paisagem apresentada pela Geoecologia das Paisagens permite estudar não apenas as propriedades dos geossistemas no estado natural, mas também considerar a interação dos elementos naturais e antrópicos que atuam na formação da paisagem natural e cultural (Rodriguez; Silva, 2002).

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017, p. 7) apresentam a concepção da Geoecologia da Paisagem como:

[...] uma ciência de caráter ambiental, que oferece uma contribuição essencial no conhecimento da base natural do meio ambiente entendido como o meio global. Propicia, ainda, fundamentos sólidos na elaboração das bases teóricas e metodológicas do planejamento e gestão ambiental e na construção de modelos teóricos para incorporar a sustentabilidade ao processo de desenvolvimento.

A Geoecologia da Paisagem constitui uma abordagem teórico-metodológica voltada ao estudo de sistemas ambientais, baseada na teoria geossistêmica, com enfoque sistêmico e interdisciplinar. Promove a elaboração de um diagnóstico integrado, que, por sua vez, subsidia estabelecimento de estratégias de planejamento e gestão ambiental em diferentes territórios (Silva; Rodriguez, 2014).

Sua concepção sistêmica se fundamenta em três momentos básicos, de acordo com Rodriguez, Silva e Leal (2011): i) como se formou e ordenou a natureza; ii) como, mediante as atividades humanas, se construíram e se impuseram sistemas de uso e de objetos, articulando e colocando a natureza em função de suas necessidades; iii) como a sociedade concebe a natureza, as modificações e as transformações derivadas das atividades humanas.

O conhecimento acerca das propriedades sistêmicas da paisagem (estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução) possibilita uma análise integrada em diferentes escalas – local, municipal, regional ou nacional – a partir de uma base teórica consolidada; e permite compreender a situação socioambiental e suas inter-relações que resultaram na transformação da paisagem, identificando valores, benefícios e custos ambientais (Silva; Farias, 2019).

A Geoecologia da Paisagem realiza investigação, análise, classificação e diagnóstico das paisagens naturais e culturais com o objetivo de solucionar problemas de degradação ambiental, promover o uso racional dos recursos naturais, identificar suas potencialidades e

limitações, a fim de fornecer informações que possibilitem o uso consciente dos recursos naturais disponíveis à conservação da biodiversidade e da geodiversidade, os valores culturais, históricos e estéticos pautados no desenvolvimento sustentável (Teixeira *et al.*, 2022).

Dessa forma, a Geoecologia utiliza a cartografia da paisagem como ferramenta para distinguir, delimitar, caracterizar e cartografar as unidades da paisagem, objetivando uma visão integrada dos elementos e dos processos do ambiente. Tem como principais produtos uma carta síntese e o zoneamento (Cavalcanti, 2018).

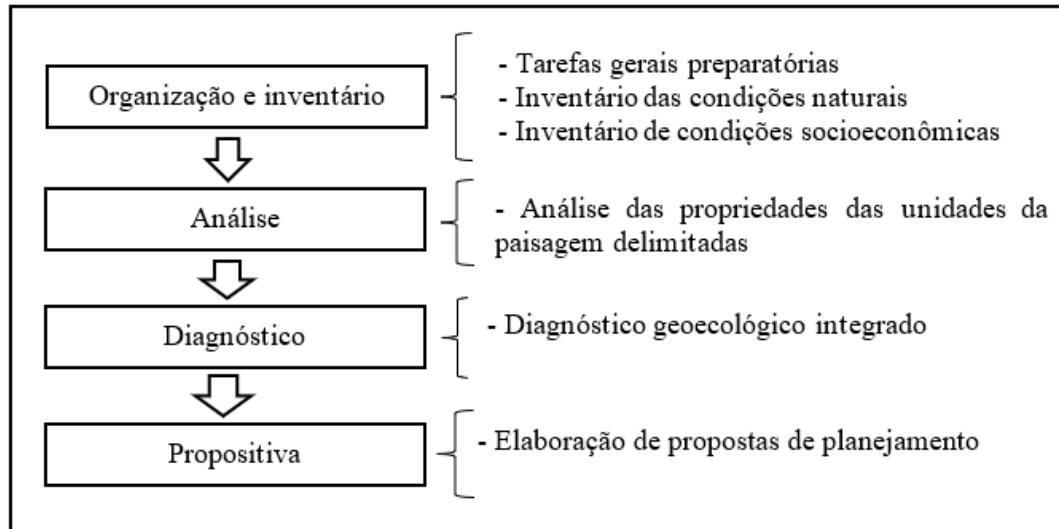
A compartimentação das unidades da paisagem utiliza duas categorias de sistematização: a regionalização, que procura diferenciar as unidades pela sua heterogeneidade, apoiando-se nas estruturas morfológicas; e a tipologia da paisagem, que consiste na delimitação de unidades a partir da integração de características semelhantes, derivada de uma formação comum na paisagem (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017).

A análise da paisagem com abordagem geocológica pode apresentar os seguintes enfoques e métodos, a depender do objetivo do trabalho: estrutural, funcional, dinâmico-evolutivo, histórico-antropogênico e integrativo (Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2017). Nessa perspectiva, os diferentes enfoques podem ser utilizados em uma abordagem individual, bem como integrada, ampliando as informações acerca da análise da paisagem (Chaves; Souza, 2021). Os enfoques estrutural e funcional são os mais usados na investigação da paisagem, pois possibilitam compreender a integração dos componentes geocológicos (Farias, 2015).

A partir disso, obtém-se o conhecimento de como as paisagens têm sido transformadas no decorrer do tempo pela ação humana. É possível visualizar a forma como os seres humanos ocupam-nas e se apropriam delas, modelar as atividades socioeconômicas e culturais que convertem as paisagens naturais de acordo com os condicionantes históricos, políticos e econômicos do meio natural (Rodriguez; Silva; Figueiró, 2019).

A aplicação metodológica da Geoecologia da Paisagem nos estudos ambientais possui quatro etapas de pesquisa: organização e inventário, análise, diagnóstico e propositiva, conforme Rodriguez e Silva (2013) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017). A Figura 19 apresenta uma síntese dessas etapas e uma breve descrição das ações.

Figura 19 – Síntese das etapas para aplicação da metodologia da Geoecologia da Paisagem



Fonte: Adaptada de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

Na fase de organização, estabelecem-se os objetivos e o levantamento do referencial teórico-metodológico. Na etapa de inventário, realiza-se o levantamento dos dados cartográficos das condições naturais e socioeconômicas. Também podem ser necessários trabalhos de campo para aquisição de dados primários. Na fase de análise, a área de estudo é compartimentada em unidades geoecológicas. Então, realiza-se análise integrada das condições geoambientais: geomorfológicas, geológicas, pedológicas, uso e cobertura da terra, climáticas, entre outras; e dos dados socioeconômicos. Na fase de diagnóstico, são identificadas as formas de uso e ocupação, as limitações, as potencialidades dos recursos naturais e das unidades geoecológicas. E, na fase propositiva, elaboram-se propostas e ações para a área de estudo, visando a usos mais adequados para a paisagem e os recursos naturais (Chaves; Souza, 2021).

3.4.2 Ecologia da Paisagem: abordagem ecológica

A perspectiva fornecida por Carl Troll, com o objetivo de entender as interações do ser humano com os ambientes naturais ao seu redor, possibilitou avanços na compreensão dos fatores que originaram os padrões espaciais observados nas paisagens atuais (Boscolo; Ferreira; Lopes, 2016). A Ecologia da Paisagem é uma disciplina que oferece conceitos e métodos para compreender os efeitos das mudanças na estrutura espacial da paisagem e sua influência na dinâmica dos processos ecológicos e ecossistemas (Turner; Gardner, 2015).

Duas teorias fundamentaram os preceitos básicos para a construção da abordagem da Ecologia da Paisagem: a Teoria da Biogeografia de Ilhas, desenvolvida por Mac Arthur e

Wilson (1947), juntamente com a Teoria das Metapopulações, desenvolvida por Lewins (1969) (Boscolo; Ferreira; Lopes, 2016).

Muitas tecnologias contribuíram para o desenvolvimento da Ecologia da Paisagem, especialmente aquelas que utilizam informações geoespaciais, como o sistema de informação geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto, em aplicações voltadas para análise quantitativa e representação dos padrões espaciais da paisagem (Yu *et al.*, 2019). Além disso, foi influenciada pela ecologia de ecossistemas, pela modelagem e pela análise espacial (Chaves; Souza, 2021).

A Ecologia da Paisagem se fundamenta em três características importantes que devem ser consideradas em estudos sobre paisagem: i) estrutura, formada por uma matriz, fragmentos e corredores (produto da relação espacial entre os diversos elementos presentes na paisagem); ii) função, relacionada à interação dos elementos (fluxos de energia, matéria e espécies) que compõem sua dinâmica; e iii) modificações ocorridas em sua estrutura e função ao longo do tempo (Forman; Godron, 1986).

A estrutura (espacial – os padrões) da paisagem corresponde à disposição dos elementos na paisagem, com diferentes tamanhos e formas. Os diferentes padrões da paisagem resultam “[...] da ação contínua e integrada de vários processos abióticos, bióticos e culturais que ocorrem simultaneamente em áreas geográficas de grandes dimensões, que variam de lugar para lugar” (Botequilha-Leitão; Guiomar, 2021, p. 84).

Dois componentes básicos compreendem a estrutura da paisagem: a composição e a configuração. A composição descreve o número e a frequência relativa dos componentes, e o foco está ligado aos aspectos como proporção, riqueza, uniformidade e diversidade na paisagem. A configuração se refere ao arranjo espacial dos componentes na paisagem, como a geometria do fragmento (tamanho, forma, total de bordas, entre outros), grau de isolamento, entre outros (Botequilha-Leitão; Guiomar, 2021; Liding *et al.*, 2008).

A estrutura é observada a partir de três elementos básicos: a matriz, a mancha e o corredor. A mancha corresponde aos fragmentos não lineares, dimensões espaciais reduzidas, de aparente homogeneidade, que se diferencia das unidades vizinhas. Matriz é o elemento que controla a dinâmica da paisagem e a área ocupada que predomina na paisagem. E o corredor configura elementos lineares que podem ou não conectar dois tipos de manchas da mesma classe (Metzger, 2001; Santos, 2004).

As mudanças resultantes dos processos naturais e antrópicos promovem alteração na estrutura e na função, ao longo do tempo, e apresentam impacto em todas as dimensões da paisagem, influenciando na composição e na configuração dos vários elementos da paisagem e na distribuição espacial dos organismos (Tappeiner *et al.*, 2021).

As métricas da paisagem permitem quantificar sua estrutura e acompanhar a dinâmica e a evolução das unidades de paisagem, baseadas em sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica (SIG). Têm se tornado uma ferramenta eficaz e amplamente utilizada na análise de padrões da paisagem, conceito-chave na Ecologia da Paisagem (Liu *et al.*, 2013; Silva; Souza, 2014).

Os resultados obtidos por trabalhos que usam os índices ou as métricas da paisagem oferecem informações indispensáveis para práticas relacionadas à reestruturação da vegetação nativa, direcionando ações de manejo adequado para os fragmentos florestais remanescentes, e permitem diagnóstico e planejamento de conservação da vegetação nessas áreas na perspectiva da conservação da biodiversidade (Silva *et al.*, 2015). Além disso, fornecem suporte científico de utilização racional e sustentável dos recursos da terra, em atendimento à capacidade de suporte da paisagem (Zou; Wang; Bai, 2022).

A aplicação das métricas pode ser efetuada em três níveis: resolução individual das manchas (caracteriza a geometria das manchas individuais); escala das classes das manchas (resume todas as manchas de uma determinada classe); e escala da paisagem (refere-se à paisagem toda). Em suma, as métricas podem ser específicas da paisagem e agregadas à paisagem (Lang; Blaschke, 2009).

Alguns *softwares* foram desenvolvidos para efetuar o cálculo das métricas da paisagem. Entre eles, pode-se citar o *Fragstats* versão 4.2, de domínio público, um programa de análise de padrão espacial para quantificar a estrutura da paisagem (Mcgarigal; Marks, 1995). Algumas métricas também foram integradas em *software* de sistema de informação geográfica (SIG), como o módulo *Patch Analyst* no sistema ArcView GIS (Turner, 2005).

O programa *Fragstats* possibilita cálculo de diversas métricas organizadas em grupos: área/densidade e borda, forma, área de núcleo, proximidade e isolamento, contraste, contágio/difusão, diversidade e conectividade (Mcgarigal; Marks, 1995).

A quantificação obtida a partir do uso das métricas da paisagem permite conhecimento dos processos ocorridos na paisagem, avaliação da evolução dinâmica de sua estrutura espacial e configuração, com base na análise do processo de fragmentação. A abordagem ecológica sob o enfoque da abordagem geográfica identifica a distribuição espacial dos principais elementos naturais e culturais da paisagem, por meio dos mapas de uso e cobertura da terra. A partir destes, são quantificados valores referentes à composição e à configuração da paisagem e suas implicações nos sistemas da paisagem.

3.4.3 Fragmentação

A heterogeneidade em paisagens naturais tem se intensificado ao longo do tempo, principalmente devido às mudanças no uso e na cobertura da terra, e contribuído para o aumento da pressão antrópica sobre a biodiversidade (Bezerra *et al.*, 2022). Entre os principais problemas ambientais provocados, destaca-se a fragmentação de *habitat* ou de remanescentes da vegetação, considerada uma das maiores ameaças à manutenção da biodiversidade (Botequilha-Leitão; Fahrig, 2003; Pivello, 2005; Ribeiro, 2021).

Avaliar os impactos da mudança no uso da terra nas paisagens é essencial para orientar ações de conservação e gestão dos recursos naturais (Daskalova *et al.*, 2020). Assim, o processo de fragmentação é uma característica que retrata a mudança na estrutura da paisagem e, por consequência, no funcionamento dos processos ecológicos e tem sido abordado nos últimos anos sob a ótica da Ecologia da Paisagem.

A análise da configuração espacial, a partir do uso de métricas da paisagem, permite obter informações como dimensão e distribuição das manchas na paisagem, grau de isolamento ou de conectividade entre manchas. Auxilia na compreensão sobre a interação entre as unidades da paisagem, tendo em vista a sua dependência funcional entre as unidades vizinhas no mosaico (Metzger, 2001).

A fragmentação de *habitat* geralmente se refere à redução de trechos contínuos de *habitat*, resultando em manchas menores e espacialmente distintas. A perda de *habitat* também pode ocorrer simultaneamente com a fragmentação (Collinge, 2009). Além da perda de *habitat*, o processo de fragmentação resulta em outros efeitos: i) redução na quantidade de *habitat*; ii) aumento do número de manchas de *habitat*; iii) diminuição do tamanho das manchas de *habitat*; iv) aumento do isolamento entre as manchas (Fahrig, 2003).

O processo de fragmentação da paisagem pode ser resultado da ação de fatores naturais, entretanto, as atividades humanas têm intensificado esse processo nas paisagens ao redor do mundo (Haddad *et al.*, 2015), alterando quantidade, qualidade e conectividade dos *habitats*. Portanto, entender as causas e as consequências do processo de fragmentação é fundamental para preservar a biodiversidade e fazer a manutenção dos serviços ecossistêmicos (Wilson *et al.*, 2016).

Os fragmentos podem sofrer perturbação dos efeitos oriundos do processo de fragmentação, como: perda de área, aumento do isolamento, maior exposição do fragmento à matriz circundante, que podem promover mudanças a longo prazo na estrutura e na função dos fragmentos restantes (Haddad *et al.*, 2015).

Diversos prejuízos para a conservação da biodiversidade podem ser listados, em função da ocorrência do processo de fragmentação, provenientes das atividades antrópicas, como risco de extinções locais, redução da área de *habitat*, redução de recursos, acentuação do efeito de borda, redução da variabilidade genética, além de alteração no regime hídrico de bacias hidrográficas (Metzger *et al.*, 2019).

As principais consequências da fragmentação no meio abiótico se referem a aumento dos riscos de erosão, assoreamento dos cursos d'água, redução gradativa dos recursos hídricos, devido à menor capacidade de retenção de água das chuvas nos solos, à maior velocidade de escoamento (Calegari *et al.*, 2010).

Um dos efeitos da fragmentação consiste na modificação dos limites artificiais da cobertura vegetal nativa, resultando no chamado efeito de borda, que proporciona impacto sobre os organismos que vivem nos ambientes fragmentados. Um dos efeitos mais imediatos se refere à alteração microclimática, devido à maior exposição aos ventos na proximidade das bordas, implicando redução da umidade do ar e aumento de temperatura (Primack; Rodrigues, 2001).

Outra consequência da fragmentação compreende a perda de áreas com cobertura vegetal nativa que integram um sistema ambiental e têm funções que regulam a temperatura, o regime de chuvas e o ciclo de gases como o oxigênio e o gás carbônico. A fragmentação pode produzir impactos no clima de outras regiões distantes das áreas que estão sofrendo a substituição das áreas de vegetação nativa por pastagem ou monoculturas, como a soja e o milho (Delamônica; Laurance; Laurance, 2001).

A fragmentação implica quantidade maior de fragmentos com as áreas reduzidas, muda a composição e a riqueza de espécies da floresta. Consequentemente, em algum momento, cada espaço de *habitat* se torna pequeno demais para sustentar uma população local, condicionando o declínio da população e maior probabilidade de extinção (Fahrig, 2003). A fragmentação interfere no processo de polinização, reprodução e perpetuação das espécies. A perda da variabilidade genética é um dos principais problemas ligados ao isolamento das populações (Zyv; Davidowitz, 2019).

Estratégias voltadas para o planejamento adequado do uso da terra e da expansão agropecuária podem ser definidas para diminuir os efeitos da fragmentação, como a conservação dos fragmentos de maior dimensão, e projetos de corredores ecológicos para aumentar a conectividade entre os fragmentos e as áreas de cobertura vegetal contínua.

Diversas pesquisas têm analisado os efeitos das mudanças de uso e cobertura da terra nas paisagens, adotando as métricas da paisagem para quantificar a configuração e avaliar os efeitos da fragmentação da vegetação em diversos ambientes no bioma Cerrado (Cabacinha;

Castro; Gonçalves, 2010; Faria; Santos, 2016; Faria; Silva, 2020; Oliveira; Faria, 2021; Ponciano *et al.*, 2015).

Estudos envolvendo a Ecologia da Paisagem e a análise da fragmentação da vegetação em áreas cársticas têm demonstrado a necessidade da aplicação da análise quantitativa da estrutura da paisagem nesse tipo de ambiente, para identificação de áreas vulneráveis e avaliação de como as principais atividades antrópicas ali exercidas estão influenciando-as. Tais levantamentos também são importantes para manutenção dos fragmentos de vegetação remanescentes em áreas próximas às cavernas, visando à conservação da biodiversidade e à manutenção dos serviços ecossistêmicos (Gomes; Ruchkys, 2021; Hou; Gao, 2020).

3.5 Geotecnologias

As geotecnologias são “o conjunto de tecnologias para a coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica” (Rosa, 2005, p. 81). Assim, tecnologias como os sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e topografia são classificadas como geotecnologias (Esquerdo *et al.*, 2014).

As informações advindas das geotecnologias permitem obter referências espaciais e georreferenciadas da ocupação humana em diversos locais, possibilitam a integração em uma base de dados capaz de gerar novos dados a partir dos originais e, assim, acompanhar e planejar a ocupação da paisagem, atendendo a sua capacidade de suporte e/ou estabilidade/vulnerabilidade (Leite; Rosa, 2012; Meneses, 1998).

As geotecnologias possuem aplicações nos mais diferentes campos do conhecimento e, a cada dia, têm ampliado a disponibilidade de uma abordagem integrada dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu inter-relacionamento, promovendo, assim, grandes avanços no planejamento e na gestão territorial e ambiental (Breuning *et al.*, 2019; Medeiros; Pires, 2001).

Entre as geotecnologias, o sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica estão cada vez mais interligados. A aquisição de dados a partir de imagens de satélite apresenta rapidez e eficiência, além de fornecer uma perspectiva completa da área de estudo em diferentes escalas de resolução espacial, diferentes bandas espectrais e cobertura periódica (multitemporal), propicia compreender os principais fatores que promovem as mudanças na cobertura terrestre e representa, assim, uma ferramenta poderosa para aplicações voltadas às

análises ambientais de diversos ecossistemas (Favretto, 2018; Pardo-Igúzquiza *et al.*, 2018; Pei *et al.*, 2018).

A utilização do SIG proporciona a criação de um banco de dados geográficos, que permite a integração dos dados obtidos a partir das geotecnologias para realização de análises espaciais, modelagem de ambientes e elaboração de cenários futuros (Florenzano, 2005; Zhang *et al.*, 2017).

As paisagens cársticas são ambientes importantes que possuem recursos hídricos subterrâneos, abrigam uma biota rara e ameaçada de extinção e significativos registros históricos da ocupação humana (Kovarik; Van Beynen, 2015). Além disso, apresentam impressionantes formas de relevo e alta fragilidade ecológica. Ressalta-se a importância de estudos utilizando as geotecnologias para alcançar a conservação e o desenvolvimento sustentável dessas áreas (Peng *et al.*, 2011). Diante disso, Carvalho Júnior *et al.* (2008, p. 273) destacam que as geotecnologias estão sendo cada vez mais aplicadas nos estudos de ambientes cársticos. Nesse contexto, o sensoriamento remoto e o SIG

[...] constituem instrumentos indispensáveis, tanto para identificar as zonas físicas e bióticas heterogêneas do ambiente cárstico, como para estabelecer graus ambientais de preservação e/ou degradação. Esses instrumentos permitem remontar a evolução histórica e prever cenários futuros, subsidiando a reflexão e a formulação de políticas públicas. A partir disso, é possível estipular planos a longo prazo com o objetivo de redirecionar o uso da terra, não se limitando apenas aos planos emergenciais.

As geotecnologias proporcionam ferramentas capazes de identificar as características físicas e ambientais das áreas cársticas e visualizar as influências antropogênicas sobre esses recursos ali presentes, que anteriormente não foram percebidos por técnicas clássicas de levantamento e verificação.

3.5.1 Sensoriamento remoto

O termo *sensoriamento remoto* foi citado pela primeira vez na literatura científica em 1960. O seu desenvolvimento está ligado ao avanço de duas linhas de pesquisa. A primeira está relacionada à utilização da fotografia aérea, resultado dos avanços no campo da aerofotogrametria e da fotointerpretação (Novo; Ponzoni, 2001). E, em segundo lugar, a pesquisa espacial, que propiciou a evolução tecnológica, originando novos sistemas sensores, entre eles, os satélites (Novo, 2010).

A história do sensoriamento pode ser dividida em dois períodos: um de 1860 a 1960, baseado no uso de fotografias aéreas; e outro, de 1960 até os dias atuais, caracterizado por uma variedade de sistemas sensores (Florenzano, 2011). Em 1957, foi colocado em órbita o primeiro

satélite da história, o soviético Sputnik-1, e, em 1958, os americanos lançaram o Explorer I (Baptista, 2021). Em abril de 1960, aconteceu o lançamento do primeiro satélite meteorológico da série Tiros (*Television IR Operational Satellite*). Em julho de 1972, foi lançado o primeiro satélite de observação de recursos naturais terrestres, *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS-1), mais tarde denominado Landsat-1 (Florenzano, 2011).

No Brasil, as primeiras imagens Landsat foram recebidas em 1973. O programa Landsat foi implementado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e, atualmente, encontra-se em operação com o Landsat 8/OLI, lançado em fevereiro de 2013 (Esquerdo *et al.*, 2014). Recentemente, ocorreu o lançamento do Landsat-9 em setembro de 2021 (Mundogeo, 2021).

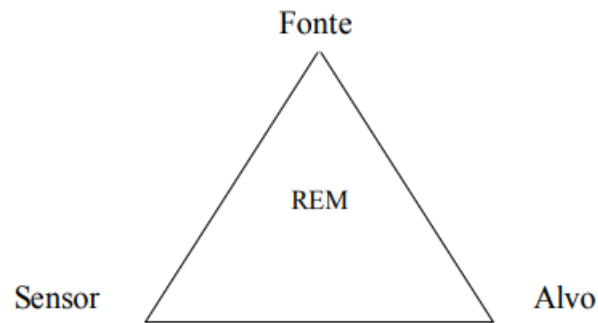
A partir do lançamento do programa americano Landsat, vários outros foram desenvolvidos, de origem europeia, asiática, canadense e sul-americana, para atender demandas específicas, de acordo com características geográficas da superfície terrestre ou finalidade de sua aplicação. Atualmente, há dezenas de sensores orbitais imageando a superfície terrestre, com as mais diversas características, considerando-se os parâmetros de resolução espacial, espectral e temporal (Meneses; Almeida, 2012).

No Brasil, ocorreu o desenvolvimento de um programa brasileiro em cooperação com a China, denominado *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS). O primeiro satélite foi colocado em órbita em 1999. Atualmente, o programa CBERS está em sua quarta edição. As imagens disponibilizadas de forma gratuita, por meio de páginas oficiais do governo brasileiro pela internet, possibilitaram avanço em estudos destinados ao monitoramento ambiental e a projetos de mapeamento e sistematização do uso da terra (Zanotta; Ferreira; Zortea, 2019).

Um dos conceitos usados para a definição do sensoriamento remoto é “a tecnologia que permite obter imagens – e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície” (Florenzano, 2011, p. 9).

O conceito tradicional de sensoriamento remoto refere-se ao “conjunto de técnicas destinado à obtenção de informações sobre objetos, sem que haja contato físico entre o sensor e o objeto” (Meneses, 2012, p. 3). Para a coleta de dados pelos sensores, deve haver os elementos básicos apresentados no esquema da Figura 20.

Figura 20 – Esquema representativo dos quatro elementos fundamentais das técnicas de sensoriamento remoto

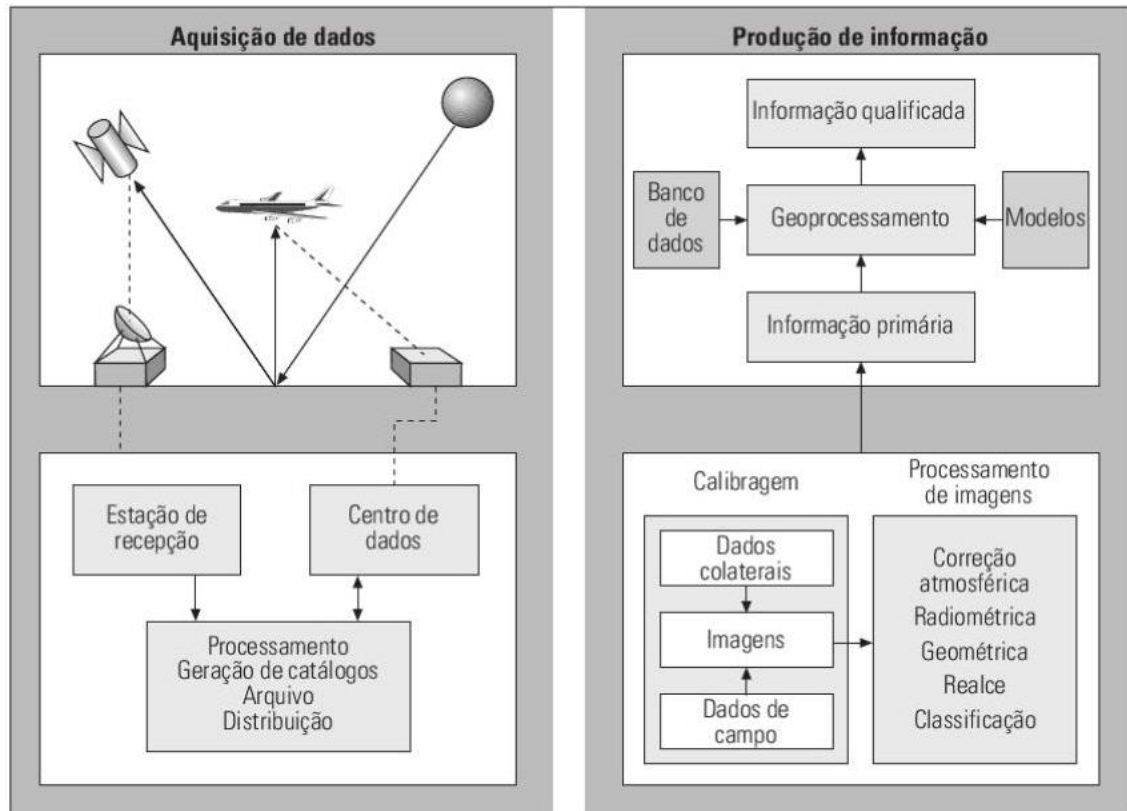


Fonte: Novo e Ponzoni (2001, p. 6).

A Radiação Eletromagnética (REM) representa o elemento central entre os demais localizados nos vértices do triângulo (Figura 20). As informações obtidas por sensoriamento remoto apresentam como fonte a radiação eletromagnética, que pode ser de fonte natural, como o Sol e a Terra, ou fontes artificiais, como, por exemplo, o Radar. O sensor, que é o dispositivo responsável por captar e registrar a REM refletida ou emitida por um objeto, e o alvo são os objetos dos quais se tem objetivo de retirar informações (Novo; Ponzoni, 2001).

Nesse contexto, pode-se compreender que o sensoriamento remoto consiste em um sistema de aquisição de informações dividido em dois subsistemas. O primeiro representa o subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto, composto por fonte de radiação, plataforma (satélite, aeronave), sensor, centro de dados (estação de recepção e processamento de dados de satélite e aeronave). O segundo é o subsistema de produção de informações, constituído por sistema de aquisição de informações do solo para calibragem dos dados de sensoriamento remoto, sistema de processamento de imagens e sistema de geoprocessamento (Novo, 2010), conforme a Figura 21.

Figura 21 – Exemplo de subsistemas de aquisição de dados e produção de informações por sensoriamento remoto



Fonte: Novo (2010, p. 34).

As imagens originadas por sensores remotos estão presentes em várias áreas do conhecimento, com as mais diversas aplicações: estudos de identificação e transformação do uso e cobertura da terra; análise de perda de vegetação; análise meteorológicas e climatológicas; detecção de queimadas; análise hidrológicas; elaboração de modelos de elevação (IBAM, 2015). A atual facilidade de acesso às diferentes imagens de satélite disponíveis gratuitamente em diversos repositórios na internet, com variedade de resoluções, torna o sensoriamento remoto uma ferramenta fundamental para estudos sobre monitoramento de recursos naturais. Além disso, são mais de 40 anos de coleção de imagens de satélite da série Landsat, o que possibilita apresentar uma contextualização da evolução histórica de mudanças na paisagem (Zhang *et al.*, 2017).

Atualmente, vários estudos vêm sendo realizados com o objetivo de usar dados obtidos por sensoriamento remoto na análise de paisagens cársticas. Lenhare, Sallun Filho e Moreira (2019) adotaram técnicas de sensoriamento remoto e SIG para realizar uma análise do uso e da cobertura da terra na área cárstica localizada entre o Planalto de Guapiara e a Serra de Paranapiacaba, região sul do estado de São Paulo, durante os anos de 2001, 2010 e 2014, utilizando imagens do satélite Landsat. Os resultados demonstraram vantagens do uso de

geotecnologias na identificação de áreas de alta fragilidade ambiental e detectaram que grande parte da área se encontra protegida e preservada, porém há algumas áreas sob forte influência antrópica, por isso são necessários planos de manejo para complementar a proteção do sistema cárstico.

Favreto (2018) usou o índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*) para detectar mudanças na cobertura vegetal na província de Trieste (região nordeste da Itália), entre os anos de 2000 e 2017, e observou que houve aumento generalizado da vegetação arbórea no período considerado. Os resultados obtidos foram apresentados em formato numérico (aumento ou diminuição de áreas) das mudanças e por meio de mapas temáticos.

Peng *et al.* (2011) realizaram um estudo sobre os padrões de mudança no uso e na cobertura da terra entre o período de 1973 a 2007 com utilização de dados obtidos a partir do sensoriamento remoto e GPS (*Global Positioning System*). Para tanto, fizeram um estudo de caso da bacia hidrográfica de Maotiaohe, na província Ghizou, no Sudoeste da China. O estudo indicou que as políticas fundiárias adotadas na década de 1980 incentivaram o crescimento de áreas agricultáveis e diminuíram a ampliação de áreas urbanas; as políticas florestais e ambientais contribuíram para aumento de áreas reflorestadas e diminuição das terras agricultáveis e terras expostas à desertificação rochosa desde a década de 1990.

3.5.2 Sistema de informação geográfica

O início do sistema de informação geográfica está ligado à elaboração de um inventário de terras no Canadá, denominado CGIS (*Canada Geographic Information System*), elaborado na década de 1960, com intuito de quantificar o valor de áreas a partir de mapas com uso de um sistema computacional (Longley *et al.*, 2013).

No decorrer da década de 1970, desenvolveram-se novos recursos computacionais e surgiu o termo *sistema de informação geográfica* (Ferreira, 2006). O avanço dos sistemas de informação geográfica se deu no final dos anos 1980, quando ocorreu a redução dos preços dos computadores, tornando-os mais acessíveis aos usuários, e abriram-se caminhos para a indústria de desenvolvedores de *softwares* e aplicações (Longley *et al.*, 2013).

O termo *sistema de informação geográfica* (SIG) refere-se aos sistemas desenvolvidos em ambientes computacionais para tratamento, manipulação e análise de dados georreferenciados (Câmara; Medeiros, 1998). Essa tecnologia “é um sistema que gerencia e executa operações de consulta e atualização em dados georreferenciados armazenados em um banco de dados geográficos” (Medeiros; Pires, 1998, p. 36).

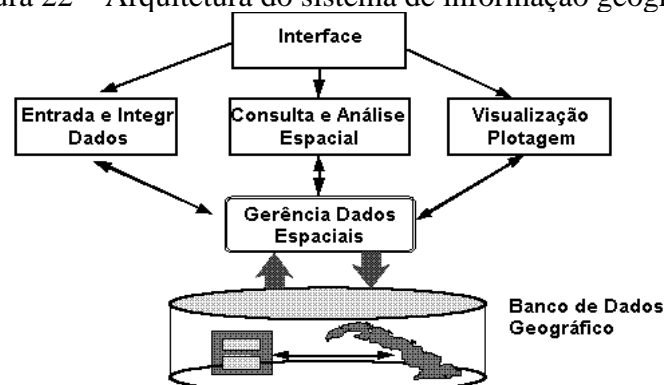
Os sistemas de informação geográfica são formados por quatro componentes básicos, de acordo com Fitz (2008): *hardware* (plataforma computacional utilizada), *software* (programas, módulos e sistemas vinculados), dados (registro de dados resultantes de um levantamento) e *peopleware* (profissionais e/ou usuários envolvidos).

Os diversos SIGs estão associados aos *softwares* desenvolvidos para realizar operações de acordo com sua finalidade. Como exemplo, tem-se o ArcGis (desenvolvedor – ESRI (*Environmental Systems Research Institute*)), o SPRING (desenvolvedor – INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)), QGIS (desenvolvedor – QGIS (*Development Team*)), entre outros. As suas principais funções envolvem aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica e representação dos dados (Fitz, 2008).

As principais características de um SIG incluem: inserir e integrar, em uma única base de dados, informações espaciais obtidas a partir de diversas tecnologias (imagens de satélites, dados de GPS (*Global Positioning System*), topografia, entre outros); oferecer várias ferramentas para combinar várias informações, a partir de algoritmos de manipulação e análise, proporcionando, assim, consulta, recuperação e visualização do conteúdo da base de dados georreferenciado (Esquerdo *et al.*, 2014).

A apresentação da estrutura de um SIG auxilia o entendimento na elaboração de mapeamentos e funcionamento dessa tecnologia na análise de recursos terrestres (Figura 22). O SIG possui o nível interface, compreende a interação operador-máquina em que é possível incluir, manipular, agrupar e controlar os dados. No nível intermediário, um SIG apresenta os mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno, apresenta o sistema de gerenciamento de banco de dados geográficos, “o qual controla o armazenamento e a recuperação de dados espaciais e seus atributos” (Câmara; Medeiros, 1998, p. 8).

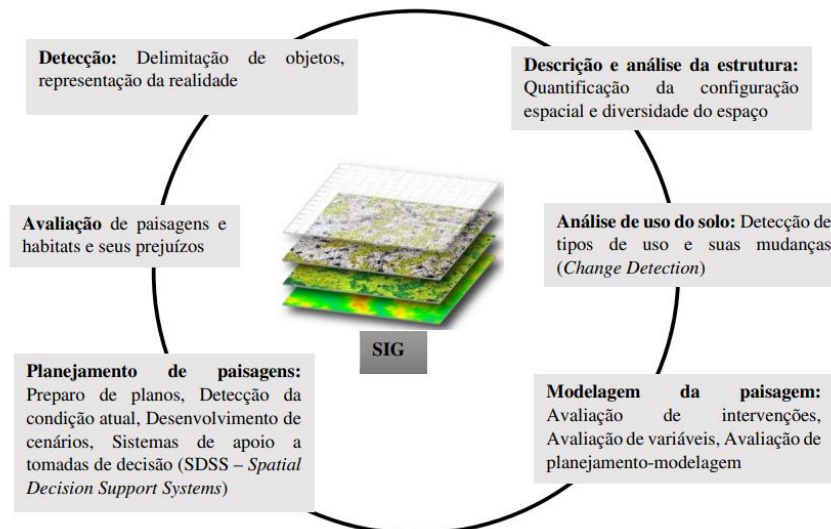
Figura 22 – Arquitetura do sistema de informação geográfica



Fonte: Câmara e Medeiros (1998, p. 9).

No que diz respeito à aplicação, o SIG está ligado aos mais diversos temas (agricultura, floresta, meio ambiente, planejamento urbano, entre outros). Possibilita integração e relacionamento entre dados, compreensão e visualização das relações espaciais, bem como sua representação em forma de mapas, além do desenvolvimento de cenários espaciais e avaliação de intervenções (Lang; Blaschke, 2009). A ampla aplicação do SIG para análise e planejamento da paisagem pode ser visualizada na Figura 23.

Figura 23 – Utilização do SIG para análise e planejamento da paisagem



Fonte: Adaptado de Lang e Blaschke (2009) e Scussel (2015).

Diante do exposto, o SIG, juntamente com os dados e informações provenientes do sensoriamento remoto, contribui para o entendimento das várias características relacionadas às paisagens cársticas. Como exemplo dessa aplicação, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Theilen-Willige *et al.* (2014), que realizaram identificação da paisagem cárstica e detecção de estruturas geológicas relevantes para o desenvolvimento do relevo cárstico na área costeira do Noroeste do Marrocos, perto da cidade de Safi, baseados na integração de dados oriundos do sensoriamento remoto e do SIG.

Mohammadi-Behzad *et al.* (2019) aplicaram uma metodologia para delinear o zoneamento de potencial de recursos hídricos subterrâneos utilizando técnicas de sensoriamento remoto integrado com SIG em uma bacia hidrográfica Leulia-Keynow, na região Sudeste do Irã. A principal finalidade era apresentar um estudo que fosse útil para o futuro planejamento, desenvolvimento e gestão dos recursos hídricos.

3.6 Carste

As áreas cársticas possuem ligação com o desenvolvimento humano desde a pré-história devido às condições proporcionadas pela forma do relevo, apresentando características favoráveis para abrigo e utilização dos recursos naturais (Piló, 1999). Distribuídas pelo mundo, as áreas cársticas são responsáveis pelo abastecimento de água para diversas populações. Além disso, várias sociedades utilizam as cavernas como locais para práticas religiosas, manifestações culturais, suporte para arte do homem pré-histórico, entre outras formas de uso (Piló, 1999; Travassos; Guimarães; Varela, 2008; Travassos, 2019).

A palavra *Karst* foi traduzida para o português como carste, originada da forma germânica *Kras*, a qual caracteriza uma região situada no Sudoeste da Eslovênia até Nordeste da Itália, formada por rochas carbonáticas. Esse termo era usado na Eslovênia para designar regiões rochosas ou não favoráveis à agropecuária. A partir da segunda metade do século XIX, a região da Eslovênia se tornou pioneira na descrição e no estudo do relevo cárstico (Auler, 2013; Carvalho Júnior *et al.*, 2008; Piló; Travassos, 2019). Travassos (2010, p. 38) afirma que o termo carste “é amplamente utilizado para designar processos de dissolução de rocha e sistemas subterrâneos derivados desse processo”.

Gams (1993, p. 110) define o termo carste como “um tipo distinto de sistema geomorfológico e hidrogeológico, que está associado a rochas particularmente solúveis”. Andreu *et al.* (2016, p. 7) apresentam a definição do carste como sendo

[...] um sistema de drenagem hierarquizado e geralmente integrado, com fluxo hídrico por condutos, formados pelo processo de dissolução de rochas solúveis e que geram características morfológicas e sedimentológicas subterrâneas e superficiais distintas.

Há muitos locais que possuem essas particularidades no planeta Terra, as quais são influenciadas em sua formação pelas características climáticas e geológicas, originando uma ampla variedade de morfologia e tipologia de carste (Andreu *et al.*, 2016).

Os ambientes cársticos, geralmente, se desenvolvem sobre as rochas carbonáticas, pois possuem características favoráveis ao processo de dissolução (Piló, 1999). Esses locais apresentam desenvolvimento de feições específicas, como dolinas, vales cegos, paredões, cavernas, surgências, sumidouros, lapiás, entre outras, e ainda uma rede de drenagem subterrânea (Lobo *et al.*, 2007).

Rochas carbonáticas, como calcário e dolomita, são as rochas carstificáveis mais frequentes no desenvolvimento de paisagens cársticas, inclusive no Brasil. A carstificação também ocorre em rochas evaporíticas, como gesso, e, ocasionalmente, em outros tipos de rocha. No caso de rochas carbonáticas, o dióxido de carbono da atmosfera e/ou da zona do solo

desempenha um papel fundamental na carstificação (Ford; Williams, 2007; Veni *et al.*, 2001). Ainda segundo Ford e Williams (2007), as rochas carbonáticas estão presentes em todas as zonas climáticas. O tipo e o grau de desenvolvimento cárstico são influenciados também pelas condições climáticas.

O projeto denominado WOKAM (*World Karst Aquifer Map*) realizou estudos sobre a ocorrência de áreas cársticas, originando um banco de dados (BGR, 2019). Os resultados em âmbito global apontam que 15,2% da superfície terrestre livre de gelo é caracterizada pela presença de rochas carbonáticas, isso equivale a 20,3 milhões de km² da superfície terrestre. O maior percentual de áreas cársticas está na Europa (21,8%), seguido pela América do Norte (19,6%), pela Ásia (18,6%), pela África (13,5%), pela Austrália e pela Oceania (6,2%) e pela América do Sul (4,3%). A China tem a maior superfície cárstica absoluta (2,54 milhões de km²) e a maior porcentagem de carste (26,5%) em relação ao seu território, comparado entre os dez maiores países do mundo em extensão territorial (Goldscheider *et al.*, 2020).

As áreas cársticas apresentam um alto potencial de vulnerabilidade à degradação, estão suscetíveis aos efeitos decorrentes da contaminação dos recursos hídricos, abatimentos de terreno e erosão (Watson *et al.*, 1997). Entretanto, esses locais podem oferecer uma variedade de recursos favoráveis à exploração agrícola, mineral e turística, o que resulta em intensificação dos impactos ambientais, visto possuírem um alto grau de fragilidade, se comparados a outras áreas, como margens costeiras, lagos e outras zonas úmidas. Por isso, o cuidado no gerenciamento de proteção é essencial (Carvalho Júnior *et al.*, 2008).

No Brasil, pinturas rupestres, cerâmicas e outros artefatos arqueológicos encontrados em abrigos sob rochas comprovam a relação dos seres humanos com as cavernas desde a pré-história. Durante o período colonial, no século XVII, as áreas cársticas foram exploradas para a extração de salitre, utilizado para fabricação de pólvora, com a finalidade de uso militar, como também usadas na culinária para tempero das carnes. Também é relevante o uso das cavernas como templo religioso (Travassos; Guimarães; Varela, 2008).

O levantamento pioneiro para classificação do carste no Brasil foi proposto em meados da década de 1970 por Karmann e Sánchez (1979). Os autores usaram como base mapas geológicos de escalas variadas (1:50.000 até 1:1.000.000), conforme disponibilidade dos trabalhos de Geologia Regional, o Cadastro de Cavernas do Brasil. Como resultado, definiram cinco províncias espeleológicas: Vale do Ribeira (SP), Bambuí (BA, GO, MG), Serra da Bodoquena (MS), Alto Rio Paraguai (MT) e Chapada de Ibiapaba (CE). Em estudo posterior, Karmann e Sánchez (1986) incluíram mais três províncias espeleológicas: Rio Pardo (BA), Serra Geral (PR) e Alto Urubu (AM). Posteriormente, Auler, Rubbioli e Brandi (2001)

apresentaram uma nova delimitação, com distribuição de quatorze áreas carbonáticas no Brasil. Com revisão e ampliação desse trabalho pelo CECAV, em 2009, propôs-se a adição de outras cinco regiões cársticas não carbonáticas (CECAV, 2011).

O trabalho do CECAV (2011) resultou na publicação do “Mapa das regiões cársticas no Brasil”, apresentando 19 regiões cársticas: 1) Formação Caatinga (BA), 2) Formação Carajás (PA), 3) Formação Salinas (MG), 4) Formação Vazante (MG), 5) Grupo Açungui (PR e SP), 6) Grupo Apodi (CE e RN), 7) Grupo Araras (MT), 8) Grupo Bambuí (BA, DF, GO, MG e TO), 9) Grupo Brusque (SC), 10) Grupo Corumbá (MS), 11) Grupo Paranoá (DF, GO, MG e TO), 12) Grupo Rio Pardo (BA), 13) Grupo Ubajara (CE), 14) Grupo Una (BA), 15) Grupo Vargem Grande (PI), 16) Grupo Xambioá (PA e TO), 17) Região Cárstica de São João Del Rei (MG), 18) Região Cárstica Quadrilátero Ferrífero (MG) e 19) Supergrupo Canudos (BA e SE).

A região cárstica do Grupo Bambuí representa a área com maior ocorrência de rochas carbonáticas (os calcários e os dolomitos), as rochas mais favoráveis à formação de cavernas no Brasil. Abrange áreas do centro-oeste, norte e noroeste de Minas Gerais, leste do Distrito Federal, nordeste de Goiás, sudeste do Tocantins e oeste da Bahia (Piló; Auler, 2013; Timo, 2014).

Devido a variações climáticas e geomorfológicas, os arenitos e os quartzitos também são suscetíveis ao desenvolvimento de cavernas. Estudos revelaram que áreas de minério de ferro e canga são favoráveis à formação de cavernas. Em menor escala, também podem ser encontradas cavernas em granito, gnaisse, rochas metamórficas variadas como micaxistos e filitos, entre outras (Piló; Auler, 2013).

No Anuário do Patrimônio Espeleológico brasileiro de 2022, a maioria das áreas de ocorrência das cavernas, com 52%, está em rochas carbonáticas (12.267 cavernas); em seguida, em rochas siliciclásticas, com 18% (4.189 cavernas); e, por fim, em rochas ferruginosas, com 13% (3.060 cavernas) (CECAV, 2023).

Os ambientes cársticos possuem características singulares, como a estrutura do sistema hidrológico, o qual, composto por sistemas de drenagem vertical e interligados, transforma o meio subterrâneo em um grande depósito de água. A ausência de camadas para realizar a filtragem da água, nesse caminho percorrido até os aquíferos, pode torná-los sujeitos à poluição proveniente de diversas fontes (Ferreira; Morais, 2017; Souza; França; Auler, 2018).

A diversidade da fauna que possui o *habitat* nos terrenos cársticos revela um alto grau de endemismo, caracterizando vulnerabilidade às alterações ambientais (poluição, alteração de *habitat*, entre outros). A exemplo, citam-se os animais troglóbios, que possuem como *habitat* o ambiente cavernícola (Piló; Auler, 2013; Souza; França; Auler, 2018).

Watson *et al.* (1997) apontam duas características importantes quanto à elaboração de políticas relacionadas às ações de proteção envolvendo áreas cársticas. A primeira é a manutenção da integridade do sistema hidrológico natural, e a segunda, o grau de vulnerabilidade que o carste está suscetível diante das influências ambientais. Nesse sentido, Piló (1999) apresenta uma síntese dos potenciais impactos das atividades antrópicas sobre as áreas cársticas (Quadro 5).

Quadro 5 – Síntese dos potenciais impactos das atividades antrópicas sobre o carste

Atividades	Impactos potenciais
Desmatamento	Fragmentação de <i>habitats</i> , perda de espécies animais e vegetais, erosão e assoreamento dos corpos hídricos; alteração do biótopo cavernícola; degradação de inscrições rupestres.
Agropecuária	Contaminação de aquíferos por pesticidas; aumento de erosão; salinização de solos; superexploração dos aquíferos.
Mineração	Degradação visual; interferências nas rotas de drenagem subterrâneas; poluição de aquíferos; vibrações nas cavernas decorrentes das detonações; sobrepressão acústica; perda de feições cársticas superficiais e subterrâneas.
Urbanização e industrialização	Contaminação e superexploração dos aquíferos; abatimentos induzidos; erosão e assoreamento dos corpos hídricos; chuva ácida; poluição atmosférica; alterações climáticas; inundações.
Turismo e recreação	Depredação de pinturas rupestres; destruição de espeleotemas; liquefação e compactação do piso das cavernas; alteração do biótopo cavernícola; geração de lixo; poluição de corpos hídricos; alteração dos depósitos.

Fonte: Piló (1999, p. 56).

Piló (1999) sugere o incentivo para criação de áreas de proteção, envolvendo as áreas cársticas no Brasil, para efetiva conservação dos recursos naturais disponíveis nesses locais.

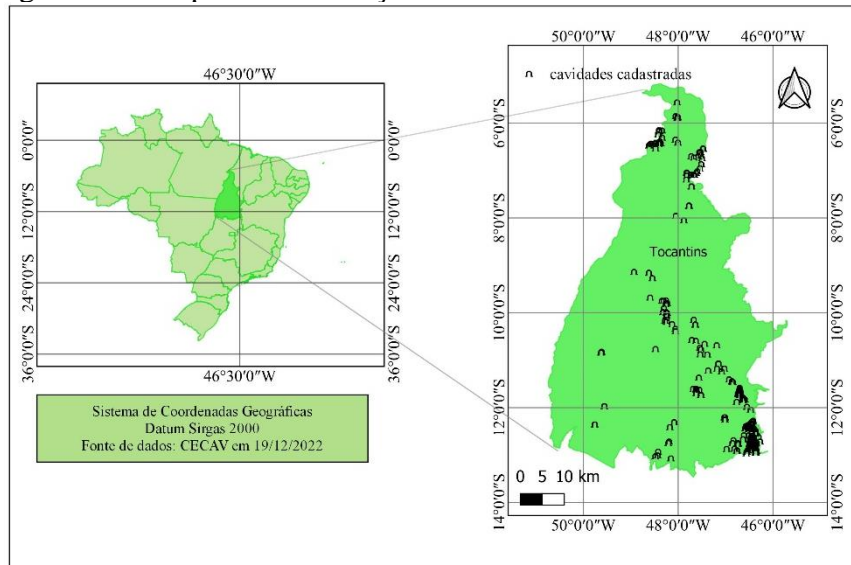
3.7 Carste no estado do Tocantins

O Tocantins apresenta, em sua abrangência, a região do Grupo Bambuí, representando o local com maior ocorrência de rochas favoráveis à formação de cavernas no Brasil (Piló; Auler, 2013; Timo, 2014). Karmann e Sánchez (1979) classificaram esse grupo em cinco distritos espeleológicos: São Domingos, Brasília, Alto e Médio São Francisco, Irecê, Alto Paraguaçu ou Piranhas.

O Grupo Bambuí, presente no distrito espeleológico de São Domingos, localiza-se na região sudeste do estado do Tocantins (Morais, 2013). De acordo com o mapa de área de ocorrência de cavernas no Brasil, o distrito de São Domingos está distribuído sobre as rochas carbonáticas e possui alto potencial para ocorrência de cavernas (CECAV, 2018; Morais, 2013).

O estado do Tocantins, atualmente, ocupa a sexta posição no Brasil em relação à presença de cavernas, totalizando 955, representando 4,08% do total, de acordo com dados do CECAV (Figura 24). Os municípios de Aurora do Tocantins e Taguatinga têm cadastradas 111 e 211 cavernas, respectivamente, representando juntos 34,29% do total (CECAV, 2023).

Figura 24 – Mapa de distribuição de cavernas no estado do Tocantins



Fonte: Base de dados geoespecializados de cavidades naturais subterrâneas do CECAV.

No estado do Tocantins, 85% das cavernas registradas no Cadastro Nacional de Cavidades, organizado pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (CNC/SBE), estão situadas sobre rochas carbonáticas, com destaque para os municípios de Aurora do Tocantins, Dianópolis e Arraias, na porção sudeste do estado (Morais, 2011). Os municípios citados anteriormente concentram nove das dez maiores cavernas do Tocantins.

Uma feição cárstica relevante, localizada no município de Aurora do Tocantins, é o rio Azuis, conhecido por ser o menor rio do Brasil, com uma extensão de 147 metros, atraindo turistas de diversos locais do país. Contudo, diante do elevado grau de fragilidade, necessita de um plano de manejo para minimizar os impactos antrópicos e direcionar as atividades turísticas de forma sustentável (Alves, 2018).

Alguns estudos sobre paisagem cárstica na região sudeste do Tocantins já foram realizados. Silva e Morais (2011) conduziram uma análise multitemporal, com o emprego de técnicas de processamento digital de imagens para quantificar a cobertura vegetal no entorno de 10 cavernas situadas no município de Aurora do Tocantins. No período de estudo, houve

tanto perda quanto ganho de vegetação nativa no entorno das cavernas de modo que o fator “dificuldade de acesso” pode ter contribuído para a manutenção da área de vegetação.

Morais (2012) elaborou um mapa sobre uso e ocupação no entorno das cavernas na área cárstica de Aurora do Tocantins e demonstrou que as principais atividades antrópicas são agricultura e pastagens, e, ainda, algumas feições cársticas, como as dolinas, têm sido utilizadas para a disposição de lixo. A maioria das cavidades se encontra sobre as rochas calcárias do Grupo Bambuí, onde se verificou a presença de água no interior das cavernas monitoradas, sugerindo estarem em pleno processo de formação.

Silva e Moraes (2016) analisaram a integridade ambiental de áreas cársticas nos municípios de Aurora do Tocantins e Dianópolis no interior de fazendas, em pontos turísticos e cavernas, por meio do uso da metodologia *Karst Disturbance Index* (KDI). Nas áreas analisadas, os principais fatores de degradação estão ligados à visitação irregular em cavernas e outros pontos turísticos, descarte inadequado de resíduos sólidos, mineração e construção de hidrelétricas. Os autores apontam a necessidade de ações de gestão para conservação das áreas cársticas presentes nas duas áreas estudadas e o método KDI como um instrumento sinalizador de indicadores para auxiliar em ações prioritárias a fim de compatibilizar o uso desses locais com atividades sustentáveis.

Ferreira e Moraes (2017), por meio do diagnóstico físico-conservacionista da bacia do córrego Cana-Brava, inserido nos municípios de Aurora do Tocantins e Lavandeira, mensuraram o potencial de degradação física e recomendam ao poder público ações para minimizar ou reverter a degradação na área de estudo, indicando a realização de um diagnóstico integral da bacia.

Alves (2018) elaborou um mapa geomorfológico em escala de detalhe da paisagem cárstica no entorno do rio Azuis, além de fazer uma caracterização do uso e da ocupação do solo da região. O mapa geomorfológico possibilitou identificar as feições do relevo e descrever os processos atuantes, enquanto o levantamento do uso e da ocupação do solo permitiu identificar que a paisagem cárstica do entorno do rio Azuis está exposta a diversas atividades antrópicas.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Delimitação da bacia hidrográfica do rio Sobrado

Inicialmente foram adquiridas as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução espacial 30 m, modeladas pelo projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil), na página do INPE, permitindo a obtenção do modelo digital de elevação que compreende a área de estudo. As folhas utilizadas para caracterização da bacia do rio Sobrado foram a 12s48 e a 12s465 (INPE, 2008).

Essas duas folhas foram inseridas no *software* QGIS 3.16 para o processamento dos dados. Inicialmente, realizou-se o mosaico das duas cenas. A partir da obtenção do mosaico, fez-se o recorte para delimitar a área de estudo. Em seguida, a imagem recortada foi reprojeta para o sistema de referência SIRGAS 2000, coordenadas planas UTM (*Universal Transversa de Mercator*), fuso 23 Sul.

Depois, aplicou-se a ferramenta do menu Raster→Análise→preencher sem dados, com a finalidade de preencher os *pixels* sem dados. E, por último, realizou-se a correção das depressões, utilizando o comando *fill and sinks* (*wang e liu*). Esse comando possibilita o preenchimento de pequenas depressões que podem interferir no sentido do escoamento, quando utilizado em modelos hidrológicos (Sobrinho *et al.*, 2010).

Utilizaram-se as ferramentas *r.watershed* e *r.water.outlet* do módulo GRASS no *software* QGIS 3.16 para a delimitação da bacia hidrográfica. Na sequência, o arquivo raster gerado foi convertido para o formato vetorial. A rede de drenagem usada no trabalho foi obtida na página da SEMARH-TO (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins) e foi elaborada a partir de imagens de satélite Plêiades, ano 2015 (SEMARH, 2015).

Foi preciso realizar edição dos limites da bacia hidrográfica do rio Sobrado. Para tanto, utilizaram-se as curvas de nível geradas a partir das imagens SRTM, a imagem do *Google Satellite* disponível no *software* QGIS e a rede de drenagem para ajustar a delimitação da bacia hidrográfica. A metodologia para esse ajuste se baseou na interpretação das curvas de nível, bem como na direção que segue a linha do divisor de águas que conecta os pontos mais elevados do relevo, respeitando a localização do curso d'água principal e seus tributários (Amanajás; Funi, 2015).

Realizou-se a classificação da hierarquia fluvial da rede de drenagem que compõe a bacia hidrográfica, seguindo a metodologia proposta por Strahler em 1952. Para Strahler, os canais de primeira ordem compreendem os canais sem tributários, estendendo-se desde a

nascente até a confluência; os canais de segunda ordem são formados a partir do encontro de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes de primeira ordem; os canais de terceira originam-se da junção de dois canais de segunda ordem, podendo ter afluentes de primeira e segunda ordem, e assim sucessivamente. E, quando dois rios de ordem diferentes se encontram, prevalece a maior ordem (Christofolletti, 1980).

4.2 Elaboração do mapa de precipitação pluviométrica

Os dados pluviométricos foram adquiridos no portal Agritempo (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico), mantido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e pelo CEPAGRI/UNICAMP (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura), a partir das estações listadas no Quadro 6, que utilizam dados obtidos de imagens do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Realizou-se a consulta por estado, nesse caso, envolveu o Tocantins com os municípios de Aurora do Tocantins e Taguatinga, já para a Bahia foram os municípios de Luís Eduardo Magalhães e São Desidério. Em seguida, os dados foram organizados em planilha no *software* Excel, para cada município, preenchidos para cada ano no período de 2001 a 2021. A partir deles, obteve-se a média anual de precipitação para cada município.

Assim, foi criado um projeto utilizando o *software* ArcGis, no qual foram inseridos os dados em formato vetorial, sendo eles: limite da bacia do rio Sobrado, limite dos municípios de Aurora do Tocantins, Luís Eduardo Magalhães, São Desidério e Taguatinga. O próximo passo foi a criação de um novo arquivo vetorial em formato pontual, no qual foi obtida a localização de cada município, a partir das coordenadas X e Y. Importante citar que os dados do projeto estão em Sirgas 2000, coordenadas UTM, fuso 23 Sul.

Quadro 6 – Estações utilizadas para elaboração do mapa de precipitação

Município	Estação	Período
Aurora do Tocantins	TRMM 4155	2001 a 2021
Taguatinga	TRMM 4153	2001 a 2021
Luís Eduardo Magalhães	TRMM 4262	2001 a 2021
São Desidério	TRMM 3860	2001 a 2021

Fonte: Portal Agritempo, *on-line*, consulta realizada entre os dias 18/01/2022 a 24/01/2022.

Logo depois, elaborou-se uma nova planilha com o nome do município, a média de precipitação, o período de aquisição dos dados e a localização dos pontos em cada município que integram a bacia do rio Sobrado (coordenadas métricas X e Y). Finalizada a planilha, foi inserida no *software* ArcGis.

Para a elaboração do mapa de precipitação por isoietas, utilizou-se o método de interpolação de pontos *Inverse Distance Weighted* (IDW), a partir da barra de ferramentas *Geostatistical Analyst*. O dado foi gerado em formato raster e, em seguida, convertido para o formato vetorial, sendo feito o recorte considerando o limite da bacia do rio Sobrado e, finalmente, a definição do intervalo e das cores da simbologia.

4.3 Processamento das imagens Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI

O estudo foi desenvolvido utilizando o processamento digital das imagens dos satélites Landsat 5/TM e Landsat 8/OLI, adquiridas da página do *United States Geological Services – USGS Earth Explorer*, portal que disponibiliza uma coleção de dados geoespaciais (USGS, 2019). As imagens adquiridas (Quadro 7) fazem parte da coleção Landsat, nível 1, ortorretificadas e radiometricamente calibradas (USGS, 2019).

Quadro 7 – Dados das imagens do satélite Landsat utilizadas no trabalho

Satélite	Órbita/ponto	Data de Passagem	Resolução espacial
Landsat 5/TM	220/69	23/06/1985	30 m
Landsat 5/TM	221/69	30/06/1985	30 m
Landsat 5/TM	220/69	16/06/2000	30 m
Landsat 5/TM	221/69	07/06/2000	30 m
Landsat 8/OLI	220/69	26/06/2015	30 m
Landsat 8/OLI	221/69	03/07/2015	30 m
Landsat 8/OLI	220/69	07/06/2020	30 m
Landsat 8/OLI	221/69	14/06/2020	30 m

Fonte: USGS (2019, *on-line*).

Como critério de seleção, optou-se por imagens obtidas durante o período seco dos anos de 1985, 2000, 2015 e 2020, que apresentassem mínima cobertura de nuvem.

A escolha dos períodos para os mapeamentos de uso e cobertura considerou uma data na década de criação do estado do Tocantins (5 de outubro de 1988) – ano de 1985; e em seguida, a adoção de um intervalo de 15 anos – ano 2000; mais um intervalo de 15 anos – ano 2015, três anos antes da indicação da área como prioritária para conservação do Patrimônio Espeleológico; e o ano 2020, como situação atual, após dois anos de indicação como área prioritária.

As etapas de processamento foram realizadas no *software* QGIS, versão 3.16.10. Inicialmente, as imagens brutas foram empilhadas a partir da função *band set* no *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Em seguida, as imagens foram processadas para

conversão dos números digitais em reflectância de superfície, por meio do *plugin* SCP, que trabalha com o método DOS (*Dark Object Subtraction*).

A próxima etapa consistiu na reprojeção das imagens para o sistema de referência SIRGAS 2000, coordenadas planas UTM, fuso 23 Sul. Na sequência, realizou-se o mosaico, que consistiu na junção das duas cenas da órbita/ponto 220/69 e 221/69, com a finalidade de envolver a área de estudo, e, depois, realizou-se o recorte utilizando o plano de informação “limite da bacia hidrográfica do rio Sobrado”.

4.4 Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, foram criados, no *software* Spring, o banco de dados e o projeto. Depois, realizou-se a configuração de três categorias de modelo de dados para serem trabalhadas no projeto: imagem, cadastral e temático. A partir disso, foram importadas as imagens para iniciar o processamento dos dados (Quadro 8). Na sequência, efetuou-se o mosaico das duas cenas, e, por fim, adicionou-se o plano de informação “limite da bacia hidrográfica do rio Sobrado” na categoria cadastral, para então fazer o recorte da área de interesse.

Quadro 8 – Dados utilizados na classificação das imagens no *software* Spring

Categoria	Dados utilizados
Imagem	Imagens Landsat 5/TM, cenas 220/69 e 221/69, bandas 3, 4 e 5, para os anos 1985 e 2000. Imagens Landsat 8/OLI, cenas 220/69 e 221/69, bandas 4, 5 e 6, para os anos 2015 e 2020. Mosaico das imagens Landsat 5/TM. Mosaico das imagens Landsat 8/OLI Recorte da bacia do rio Sobrado das imagens Landsat 5/TM (ano 1985). Recorte da bacia do rio Sobrado das imagens Landsat 5/TM (ano 2000) Recorte da bacia do rio Sobrado das imagens Landsat 8/OLI (ano 2015) Recorte da bacia do rio Sobrado das imagens Landsat 8/OLI (ano 2020)
Cadastral	Limite da bacia do rio Sobrado
Temático	Uso e cobertura da terra ano 1985, 2000, 2015 e 2020.

Fonte: Dados da pesquisa.

A etapa seguinte compreendeu a aplicação do contraste, a partir da composição colorida 6B5G4R para as imagens do satélite Landsat 8/OLI e 5B4G3R para as imagens do satélite Landsat 5/TM. Depois, foram realizados testes de hipóteses para obter a segmentação das imagens, a partir de valores de similaridade, que oferecessem melhor resultado para aquisição

de amostras das classes. Esse processo consiste em agrupar os *pixels* com semelhanças espectrais, auxiliando na obtenção de amostras durante o processo de classificação de imagens.

Após o processo de segmentação das imagens, iniciou-se o processo de classificação, em que foi criado um arquivo de contexto, no qual foram armazenados o tipo de classificação e o tipo de análise. Nesse caso, a opção escolhida foi por regiões, as bandas, a imagem segmentada, bem como as amostras adquiridas durante a etapa de treinamento.

A etapa de treinamento consistiu na obtenção de amostras das respectivas classes de uso e cobertura da terra, presentes na área de estudo, e de acordo com o objetivo do trabalho, levando em consideração a chave de interpretação do MapBiomias (Quadro 9), elaborado pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig) e os trabalhos de Faria (2011) e Ponciano (2017). A finalidade era auxiliar no reconhecimento das amostras de cada classe nas imagens. E, ainda, citam-se os aspectos considerados por Florenzano (2008), como tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão, localização e contexto, para diferenciar tipos de uso e cobertura da terra.

Quadro 9 – Chaves de interpretação do bioma Cerrado

Classes por formações/ uso	Características		
	Textura	Tonalidade	Aspectos associados
Afloramento rochoso	Rugosidade baixa ou média	Roxo escuro, preto ou marrom médio	Presença parcial de vegetação, ocorrência em áreas de alta declividade
Formação Campestre	Rugosidade baixa	Verde acinzentado e vermelho não intenso/bege	Predomínio de gramíneas e arbustos
Formação Florestal	Rugosidade alta	Verde-escuro	Fundos de Vale, cursos d'água, afloramentos de calcário
Formação Savânica	Rugosidade média/média-baixa	Verde médio ou verde-claro	Menor densidade de árvores, presença de árvores com portes mais baixos
Infraestrutura urbana	Rugosidade alta	Azul-claro, branco ou rosa-claro	Grande heterogeneidade de alvos
Pastagem	Rugosidade baixa ou média	Verde-claro intenso ou verde-claro, rosa-escuro	Formas geométricas, presença de árvores espaçadas, presença de pequenos represamentos de água
Agricultura	Rugosidade baixa	Verde, rosa-claro	Formas geométricas (retangulares ou circulares), pivôs
Sombra	Rugosidade baixa	Preto	Presença de serras, morros ou afloramentos calcários
Solo exposto	Rugosidade baixa	Rosa-claro ou branco	Formas geométricas, presença de neossolos, estradas vicinais

Fonte: Adaptado de Faria (2011), Lapig (2021) e Ponciano (2017).

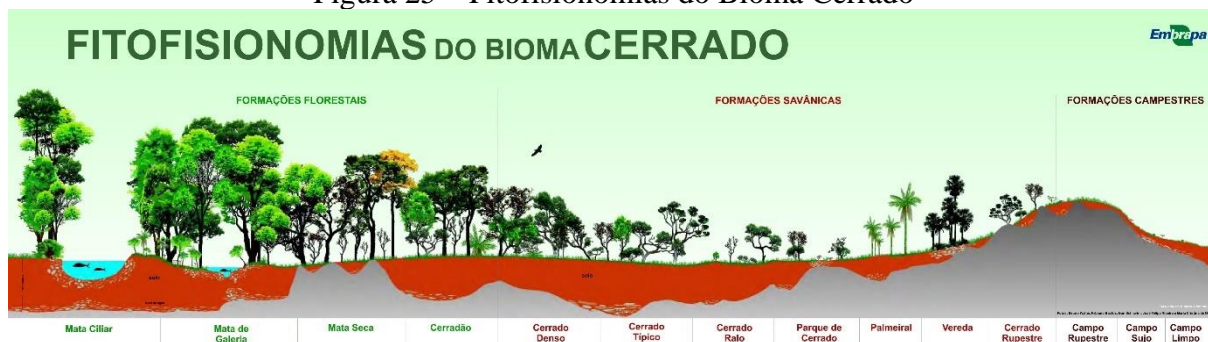
As classes de uso e ocupação da terra propostas estão baseadas no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), o qual apresenta uma classificação das unidades de mapeamento sistematizado para todo o território brasileiro. Adotou-se, para a classificação da cobertura vegetal, a proposta de Ribeiro e Walter (2008), em nível de formações, sendo elas: Formação Florestal, Savânica e Campestre. E, ainda, utilizaram-se como material de apoio os dados obtidos no mapeamento do Projeto MapBiomias (2020), IBGE (2020) e SEPLAN (2013).

Ribeiro e Walter (2008, p. 156) destacam que as fitofisionomias do Cerrado compreendem as Formações Florestais, Savânicas e Campestres. E citam as suas principais características:

As áreas com a presença de florestas possuem a presença de espécies arbóreas, onde há formação de dossel contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campestre designa áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando árvores na paisagem.

As três formações vegetais descritas por Ribeiro e Walter (2008) envolvem as: Florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), Savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda), Campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre), conforme a Figura 25.

Figura 25 – Fitofisionomias do Bioma Cerrado



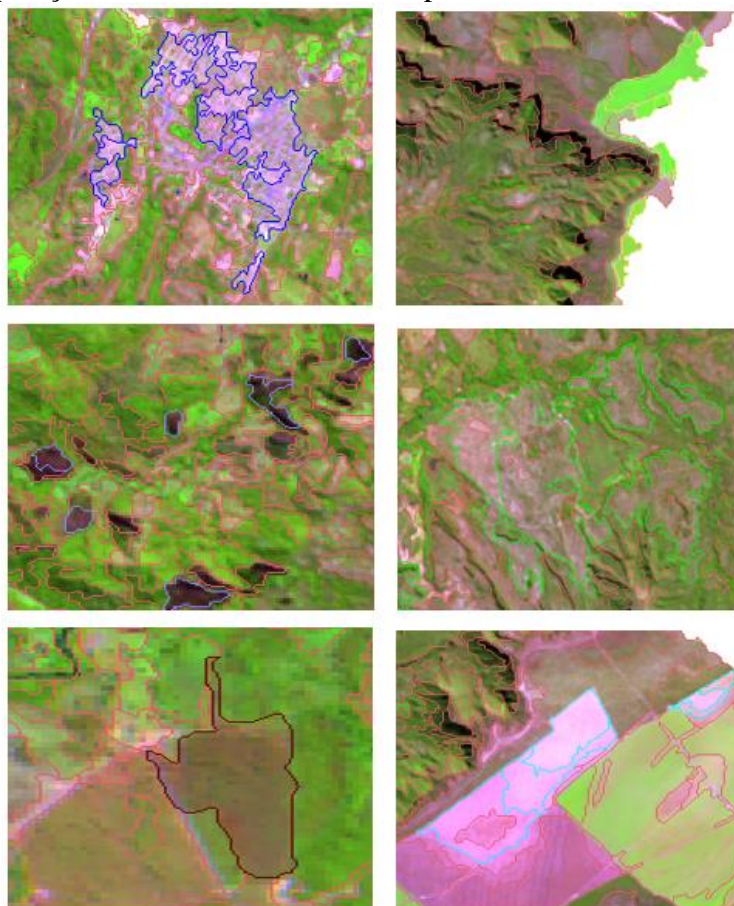
Fonte: Embrapa (2022).

As classes selecionadas para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado foram: afloramento rochoso, agricultura, área urbana, Formação Campestre, Formação Florestal, Formação Savânica, pastagem e solo exposto.

O classificador utilizado foi o *Bhattacharya*, um algoritmo de classificação supervisionada, que necessita da aquisição das amostras de treinamento (Figura 26). Nesse caso, utilizaram-se as regiões separadas durante a aplicação do processo de segmentação da imagem. Para tal, usou-se o limiar de aceitação igual a 99,9%. Esse parâmetro indica “a

porcentagem de pixels da distribuição de probabilidade de uma classe que será classificada como pertencente a esta classe” (Santos; Peluzio; Saito, 2010, p. 112).

Figura 26 – Aquisição de amostras durante a etapa de treinamento da classificação



Fonte: Dados da pesquisa.

Após a classificação, a imagem temática “uso e cobertura da terra” foi exportada em formato raster e, em seguida, inserida no *software* QGIS, no qual se realizou a conversão para o formato vetorial, de modo a se obter os atributos das oito classes: afloramento rochoso, agricultura, área urbana, Formação Campestre, Formação Florestal, pastagem, Formação Savânica e solo exposto.

Após visualizar o resultado da classificação, ainda foi necessário realizar a conferência visual das classes. A correção dos dados ocorreu conforme informações observadas no trabalho de campo e a imagem de alta resolução (*Google Satellite* e *Sentinel 2A*). Em seguida, a imagem classificada foi convertida para o formato raster, para a realização da avaliação da acurácia do mapa temático, assim, utilizou-se o complemento *AacaTama (Accuracy Assessment of Thematic Maps)*, no *software* QGIS.

A validação dos dados gerados a partir da classificação da imagem é de fundamental importância para atestar a qualidade do mapeamento (Freires *et al.*, 2019; Queiroz *et al.*, 2017). A análise da acurácia dos resultados da classificação foi realizada por meio da matriz de erros, o valor da acurácia global e o valor do índice Kappa.

Para a obtenção da acurácia dos mapas temáticos, inicialmente, foram criadas as amostras para cada classe, sendo do tipo amostragem aleatória estratificada, baseada em uma média de 397 pontos (esse valor pode variar de acordo com o ano), distribuídos de forma proporcional à ocupação de cada classe na área de estudo.

Depois, realizou-se a validação de cada um desses pontos na classificação temática, tendo como verdade terrestre a imagem do satélite Landsat 5/TM ou Landsat 8/OLI, imagem do satélite Sentinel 2A (para os anos 2015 e 2020), imagem temática do projeto MapBiomias (para os anos 1985 e 2000) e imagem do *Google Satellite*, com intuito de validar os dados obtidos para cada mapa temático.

Ao término de cada validação da precisão do mapa temático no AcaTama, tem-se como resultado um arquivo em formato de tabela, contendo os dados, como matriz de confusão, acurácia global, matriz de acurácia do usuário de área estimada e matriz de acurácia do produtor de área estimada, entre outros.

4.5 Quantificação da estrutura da paisagem

O uso das métricas da paisagem possibilita quantificar a estrutura da paisagem a partir do mapeamento de uso e cobertura da terra, e a análise multitemporal permite identificar como as atividades antrópicas têm modificado as paisagens, além de direcionar ações de monitoramento e planejamento do ambiente (Almeida; Moro, 2007; Saito *et al.*, 2016).

Essa etapa do trabalho consistiu em: i) utilizar a imagem classificada no mapeamento de uso e cobertura da terra para os anos 1985, 2000, 2015 e 2020 para quantificar a estrutura da paisagem; ii) analisar a evolução das métricas da paisagem para os anos 1985, 2000, 2015 e 2020.

As métricas da paisagem selecionadas foram calculadas no âmbito de classe, mancha e paisagem (Quadro 10). O critério para seleção das métricas adotadas no trabalho se baseia no destaque em outras pesquisas, com o objetivo de analisar os efeitos das mudanças de uso e cobertura da terra nas paisagens e a aplicação das métricas da paisagem para quantificar sua configuração e avaliar os efeitos da fragmentação da vegetação em diversos ambientes no

bioma Cerrado (Cabacinha; Castro; Gonçalves, 2010; Faria; Santos, 2016; Faria; Silva, 2020; Oliveira; Faria, 2021; Ponciano *et al.*, 2015).

Quadro 10 – Métricas da estrutura da paisagem na bacia do rio Sobrado

Sigla	Escala	Métrica	Definição
CA	Classe, mancha e paisagem	Área da classe	Área da classe apresenta a área de todos os fragmentos da classe. É uma medida da composição da paisagem, em hectare (ha).
PLAND	Classe	Porcentagem de fragmentos da classe	Porcentagem da ocupação de fragmentos da mesma classe na paisagem. Quantifica a distribuição proporcional de cada tipo de mancha na paisagem.
NP	Classe e paisagem	Número de fragmentos	Número de fragmentos da classe existentes na paisagem. Valores maiores de NP indicam maior fragmentação da classe, e valores menores indicam união ou extinção de fragmentos de mesma classe.
ENN_MN	Classe	Distância euclidiana média do vizinho mais próximo	Quantifica a distância média entre fragmentos de mesma classe, expressa em metros. Valor menor favorece a aglutinação de fragmentos, beneficiando o fluxo gênico.
SHAPE_MN ou MSI	Classe	Índice de forma médio	Quantifica a forma da mancha em comparação com uma circunferência de área igual a 1.
TCA	Classe	Total de Área Central ou Interior	Consiste na definição de uma área e permite analisar a influência da borda, indicando um <i>buffer</i> direcionado para o centro do fragmento.

Fonte: Organizado a partir de McGarigal e Marks (1995).

As métricas foram calculadas com base nos conceitos de mancha, corredor e matriz, de acordo com as classes estabelecidas no mapeamento de uso e cobertura da terra, permitindo mensurar seus polígonos e quantificar configuração e composição da paisagem. Além disso, foi realizada análise temporal desses índices para avaliar a dinâmica da estrutura da paisagem, durante o período analisado, e identificar se houve fragmentação dos remanescentes da paisagem, como consequência direta das atividades antrópicas desenvolvidas no local. Para a obtenção desses resultados, foi utilizado o *software Fragstats*, desenvolvido por McGarigal e Marks (1995), a versão atual 4.2, disponível gratuitamente.

Na realização dos cálculos referentes às métricas, o *software Fragstats* aceita uma imagem classificada, busca os fragmentos contínuos de cada tipo na imagem e, assim, calcula as métricas baseadas nos fragmentos encontrados. As métricas podem ser calculadas com base no fragmento individual (nível de mancha), em cada classe encontrada (um exemplo para a classe “cobertura vegetal”) ou para a paisagem como um todo (Volotão, 1998).

O uso das métricas tem como objetivo avaliar a estrutura da paisagem da bacia do rio Sobrado, apresentando dados quantitativos baseados nas propriedades e no arranjo espacial dos fragmentos na paisagem. As informações proporcionadas embasam a discussão sobre as influências das mudanças na cobertura da terra em relação à conservação, possibilitando obter

informações sobre as áreas de cobertura natural, o padrão espacial, o grau de subdivisão e o isolamento dessas coberturas.

A bacia do rio Sobrado está inserida em um ambiente cárstico e apresenta 51 cavernas cadastradas pelo CECAV (2023), evidenciando a importância espeleológica da área de estudo. A caracterização da cobertura vegetal da área em torno da caverna complementa a análise da sua importância para a preservação do ecossistema subterrâneo e da manutenção dos processos cársticos (Vidal *et al.*, 2019).

Por isso, as métricas de composição e configuração selecionadas auxiliaram na análise da condição dos fragmentos remanescentes. Com base nesses resultados, poderão ser elaborados planos de conservação, visando à manutenção do equilíbrio das relações ecológicas existentes em um *habitat* específico e vulnerável para alta diversidade de espécies vegetal e animal (Christman; Culver, 2001).

As métricas Área e Porcentagem da Classe (CA e Pland) são utilizadas para quantificar a composição da paisagem, calculando a representatividade das manchas das diferentes classes (Luiz; Faria; Escada, 2019; Valente; Vetorazzi, 2002). A área de um fragmento é o parâmetro mais importante, pois é a base para o cálculo das demais métricas (Forman; Godron, 1986; Pirovani *et al.*, 2014).

As métricas sobre o número e o tamanho de fragmentos são calculadas para mensurar o grau de subdivisão de uma determinada classe na paisagem, contribuindo para compreensão da distribuição desses fragmentos na área de estudo. São úteis para entendimento do processo de fragmentação da paisagem (Luiz; Faria; Escada, 2019; Valente; Vetorazzi, 2002).

O índice de forma médio quantifica a forma de um fragmento, sendo ideal os valores que mais se aproximam de 1, representando formas mais circulares, sendo um índice adimensional (Lang; Blaschke, 2009). Portanto, os fragmentos com formato mais simples têm valores de forma próximos do valor 1, enquanto fragmentos com formato mais complexo possuem valores superiores a 1. Dessa forma, fragmentos com forma irregular podem estar mais expostos aos efeitos de borda da matriz circundante (Botequilha-Leitão; Ribeiro, 2021).

Os índices da distância média ao vizinho mais próximo são calculados com base na distância euclidiana e avaliam o grau de isolamento dos fragmentos, têm como base a distância entre as suas bordas, ou seja, indicam as distâncias médias entre manchas de uma mesma classe (Lang; Blaschke, 2009).

A área interior corresponde à área do fragmento que não sofre influência do efeito de borda. Nesse sentido, as análises assumem que a área de borda do fragmento está sujeita aos

efeitos externos, e que, no interior, predominam as condições ambientais originais que favorecem a conservação do fragmento (Botequilha-Leitão; Guiomar, 2021).

Desse modo, para o cálculo da métrica TCA, deve-se considerar a largura do efeito de borda e a variação do valor em função da espécie em estudo e do tipo de matriz circundante. Quando se aumenta o valor da faixa do efeito de borda, a tendência é a diminuição da área central do fragmento (Santos *et al.*, 2017).

Diversos estudos apresentam que o efeito de borda pode persistir até 150 m (Murcia, 1995). Para Rodrigues (1998), esses efeitos são considerados mais observáveis nos primeiros 35 metros, considerando fatores como temperatura, umidade, radiação solar, entre outros. Cemin e Ducati (2015) consideraram o valor da faixa de borda como 60 metros. Considerando os valores citados acima, para o cálculo da métrica TCA neste trabalho, foi adotada a distância de 30 metros para a faixa de borda, em função da resolução espacial da imagem adotada para a realização da análise (Primack; Rodrigues, 2001; Rodrigues, 1998).

E por fim, realizou-se o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson para análise dos valores das métricas para o ano de 2020 (CA, PLAND, NP, ENN_MN, TCA e SHAPE_MN), com o intuito de avaliar se a variação no valor de uma métrica está associada a alguma variação no valor de outra, ou se não existe qualquer relação entre as métricas avaliadas.

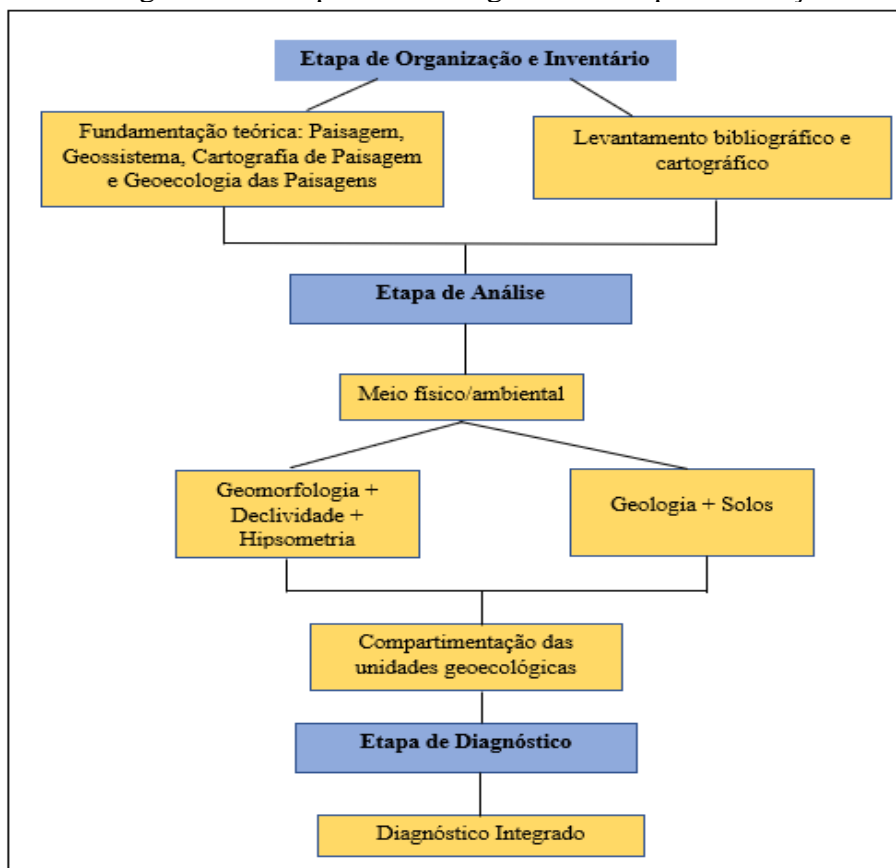
O coeficiente de correlação de Pearson, representado pela letra r , é uma medida adimensional, que assume valores entre $-1 \leq r \leq 1$. Onde $r = -1$ indica correlação linear inversa perfeita e, $r = 1$ indica uma correlação positiva perfeita entre as variáveis, e caso $r = 0$ significa que não existe correlação entre as variáveis (Andrade; Ogliari, 2017; Moreira; Santos; Moreira, 2021).

4.6 Compartimentação das unidades da paisagem

A elaboração do mapa das unidades da paisagem consiste na visualização de sua fisionomia, e as informações apresentadas podem subsidiar ações de planejamento na bacia do rio Sobrado e auxiliar na identificação de áreas com fragilidades para as atividades antrópicas e áreas passíveis de degradação ambiental.

A metodologia para sua elaboração foi baseada na abordagem da Geoecologia da Paisagem, executada em três etapas: organização e inventário, análise e por último o diagnóstico, conforme a proposta de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017). A Figura 27 apresenta uma síntese dessas etapas e breve descrição das ações.

Figura 27 – Fluxograma das etapas metodológicas da compartimentação das unidades



Fonte: Adaptada de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

4.6.1 Etapa de organização e inventário

Esta etapa consistiu no levantamento bibliográfico e dos dados cartográficos que caracterizam a área de estudo.

Os planos de informação sobre a área de estudo foram organizados: Geomorfologia, Geologia e Pedologia, em formato vetorial, produzidos pelo IBGE, na escala 1:250.000 e disponibilizados pelo Banco de Informações Ambientais (BDiA), versão 2.7.0. Após a seleção dos planos de informação, realizou-se a verificação do sistema de referência, para padronização dos dados ao *datum* SIRGAS 2000, coordenadas planas UTM, fuso 23 Sul. Em seguida, efetuou-se o recorte, tendo como base o plano de informação, limite da bacia do rio Sobrado. Logo após, foram feitos padronização da simbologia, legenda e *layout* para a finalização da elaboração dos mapas temáticos.

Os dados altimétricos (declividade e hipsometria) foram obtidos a partir das imagens SRTM. O mapa hipsométrico apresenta os valores de altitudes classificados em intervalo de 100 metros para a área de estudo.

O mapa de declividade foi elaborado no *software* QGIS a partir da ferramenta Raster→Análise→ declive, e o resultado originou um novo arquivo do tipo raster, representando a declividade expressa em porcentagem. Em seguida, com base na proposta da Embrapa (1979), realizou-se a reclassificação do raster, utilizando o comando *r.reclass*, no qual foram inseridas as classes de declividade (Quadro 11).

Quadro 11 – Classes de declividade

Classes de declividade	Limites percentuais (%)
Plano	0-3
Suave ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte-ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Escarpado	>75

Fonte: Embrapa (1979, *on-line*).

O mapa de uso e cobertura da terra elaborado na etapa 4.4 servirá de base para a obtenção de dados sobre a distribuição das formas de uso na área de estudo referente ao ano de 2020, proporcionando informações que representam a camada de apropriação cultural.

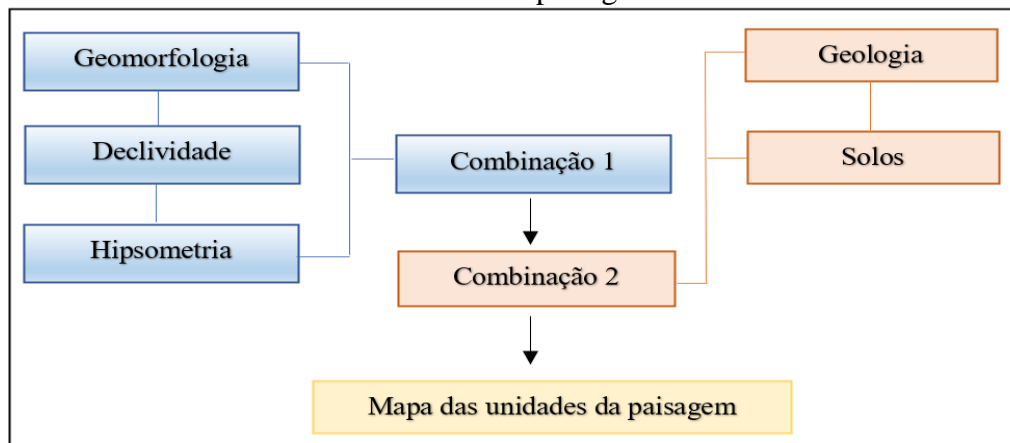
Para a elaboração do mapa das unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado, utilizou-se a abordagem tipológica, que, segundo Braz *et al.* (2020), consiste na distinção das unidades por meio de sua semelhança (homogeneidade) e repetição, fundamental para a compreensão da estrutura da paisagem.

A metodologia para a síntese cartográfica das unidades de paisagem teve como base as propostas apresentadas por Cavalcanti (2018), Martinelli e Pedrotti (2001) e Salinas Chávez *et al.* (2013), os quais usaram o enfoque em que os conjuntos espaciais, apresentando características semelhantes, foram agrupados em unidades da paisagem.

4.6.2 Etapa de análise

Esta etapa compreendeu análise dos dados referentes às condições geoambientais da bacia do rio Sobrado, descrita na etapa anterior. Após a análise de cada tema relacionado, foi preciso uniformizar as escalas para análise da paisagem e posterior compartimentação das unidades da paisagem (Figura 28).

Figura 28 – Sequência de combinação dos planos de informação para obtenção do mapa das unidades da paisagem

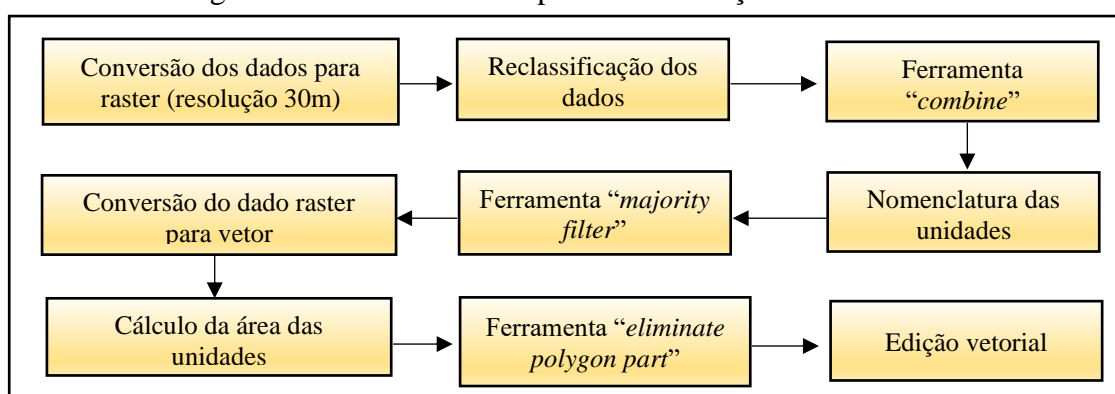


Fonte: Organizada pela autora.

Para definição das unidades da paisagem, considerando a primeira combinação (nível), foram utilizados os dados de geomorfologia, declividade e hipsometria, os quais foram inseridos no *software* ArcGis, e realizaram-se os procedimentos para elaboração do primeiro mapa de unidades da paisagem (Figura 29), para definir as unidades do relevo. De acordo com Salinas Chávez *et al.* (2019), essa informação é um passo prévio e fundamental para a compartimentação das unidades.

Em um segundo momento, foi feita a combinação dos dados referentes à geologia e aos solos, obtendo-se, assim, a segunda combinação (nível) de unidades da paisagem. Por fim, o mapa de unidades da paisagem foi obtido a partir dos dados entre a primeira e a segunda combinação entre as unidades da paisagem.

Figura 29 – Procedimentos para a combinação das camadas



Fonte: Organizada pela autora.

A realização das operações é baseada na combinação espacial dos temas e classificação de dados, e isso promove alguns casos de generalização ou excesso de categorias (Lameira,

2009). Assim, é fundamental que, após a obtenção do mapa preliminar da paisagem, o investigador verifique as informações geradas, e talvez seja necessária a edição vetorial para organização delas.

Após essa etapa, iniciou-se a verificação das unidades mapeadas, bem como a realização da edição vetorial para sua organização, e o resultado foi a integração de unidades com características similares, permitindo identificar as unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado.

4.6.3 Etapa de diagnóstico

Esta etapa da pesquisa consistiu em observar o mapa das unidades geoecológicas da paisagem, obtido na etapa de análise, em que foram elaboradas informações sobre as características geoambientais de cada unidade. Além disso, foi realizada associação aos tipos de uso e cobertura do solo e descrição dos principais problemas, limitações e potencialidades.

Ressalta-se que a heterogeneidade da paisagem da bacia do rio Sobrado possibilitou a identificar diversas unidades geoecológicas da paisagem. Assim, o trabalho se propõe a descrever suas características principais, entretanto, foram enfatizadas as unidades em que estão localizadas as feições cársticas presentes na área de estudo.

4.7 Elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos

A elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos foi referenciada em trabalhos desenvolvidos por Alves (2018), Ferreira (2015), Lima (2021) e Travassos (2010). Inicialmente, foram obtidas duas cenas das imagens do satélite CBERS-4A, câmera WPM (multiespectral e pancromática de ampla varredura): 205/129 (26/07/2021) e 206/129 (21/07/2021), necessárias para abranger a área de estudo, na página do INPE.

As bandas 1, 2, 3 e 4 foram inseridas no *software* QGIS 3.16.10, em seguida, realizou-se o empilhamento a partir da geração da composição colorida. Depois, utilizou-se a ferramenta *pansharpening* para o procedimento de fusão, o qual consiste em integrar ao conjunto empilhado das quatro bandas multiespectrais a imagem pancromática de alta resolução espacial e resultar uma imagem colorida de alta resolução espacial (Zanotta; Ferreira; Zortea, 2019).

As bandas 1, 2, 3 e 4 possuem resolução espacial de 8 metros, porém, a partir da execução do processo de fusão com a banda pancromática, o resultado é uma imagem com resolução espacial de 2 metros. É importante citar que esse procedimento foi feito para as duas

cenar, 205/129 e 206/129. Posteriormente, realizou-se o mosaico e, depois, o recorte da imagem para abranger a área de estudo, considerando o plano de informação “limite da bacia”.

A base de dados geoespacializados de cavidades naturais subterrâneas do CECAV foi usada para identificação das cavernas (formas endocársticas) na abrangência da bacia do rio Sobrado. Para tanto, foi atribuído um símbolo para sua representação. Também foi adicionada sobre a imagem a representação das formações geológicas presentes na área de estudo, disponibilizada pelo IBGE (2020) na escala 1:250.000, bem como a rede de drenagem da bacia.

A partir da sobreposição dos dados à imagem, foi realizada a vetorização das feições cársticas (dolinas, poljés, humes e outros) com base na interpretação visual e nas informações coletadas em trabalho de campo.

4.8 Trabalho de campo

Esta etapa da pesquisa foi primordial para conferir as amostras adquiridas durante a classificação das imagens, de forma a minimizar as dúvidas, a partir de uma visita local com apoio de um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) para validar a informação sobre o uso e a ocupação da terra.

O trabalho de campo apoiou-se na imagem do *software Google Earth*, sobre a qual foi traçada a rota para visita em campo. Entretanto, em alguns locais, não foi possível dar continuidade, devido a alguns entraves, como falta de acesso à propriedade particular e inexistência de ponte de ligação sobre o rio, entre outros.

Assim, foram coletados pontos de identificação de algumas classes: agricultura, vegetação, pastagem, entre outros, com sua respectiva referência geográfica (latitude e longitude). Devido à extensão da área e à disponibilidade de estradas, a escolha dos pontos foi aleatória, de forma a abranger uma quantidade de pontos que auxiliassem na identificação das classes, e ainda foram obtidas fotografias deles para validar as classes de uso.

Após a verificação em campo, cada ponto coletado foi digitalizado no *software QGIS* para reconhecer a localização na imagem e validar a identificação na classificação. Essa etapa torna-se extremamente importante a fim de evitar confusão entre temas, que pode acontecer principalmente quando se trabalha com áreas em que a mesma classe apresenta tonalidades e texturas diferentes.

Além disso, foram realizadas mais três visitas de campo com a finalidade de constatar feições cársticas presentes na área de estudo. As dolinas foram identificadas em parceria com os dados do trabalho realizado por Pereira e Morais (2023). E, com o auxílio do guia de turismo

Wagner Moura, morador da cidade de Aurora do Tocantins, foi possível identificar áreas com dolinas, visitar algumas cavernas e percorrer estradas próximas aos maciços de afloramento rochoso presente na área de estudo, contribuindo, assim, para a elaboração do mapa.

4.9 Análise multitemporal da dinâmica de uso e fragmentação das unidades geoecológicas com presença de feições cársticas e atrativos turísticos da bacia do rio Sobrado

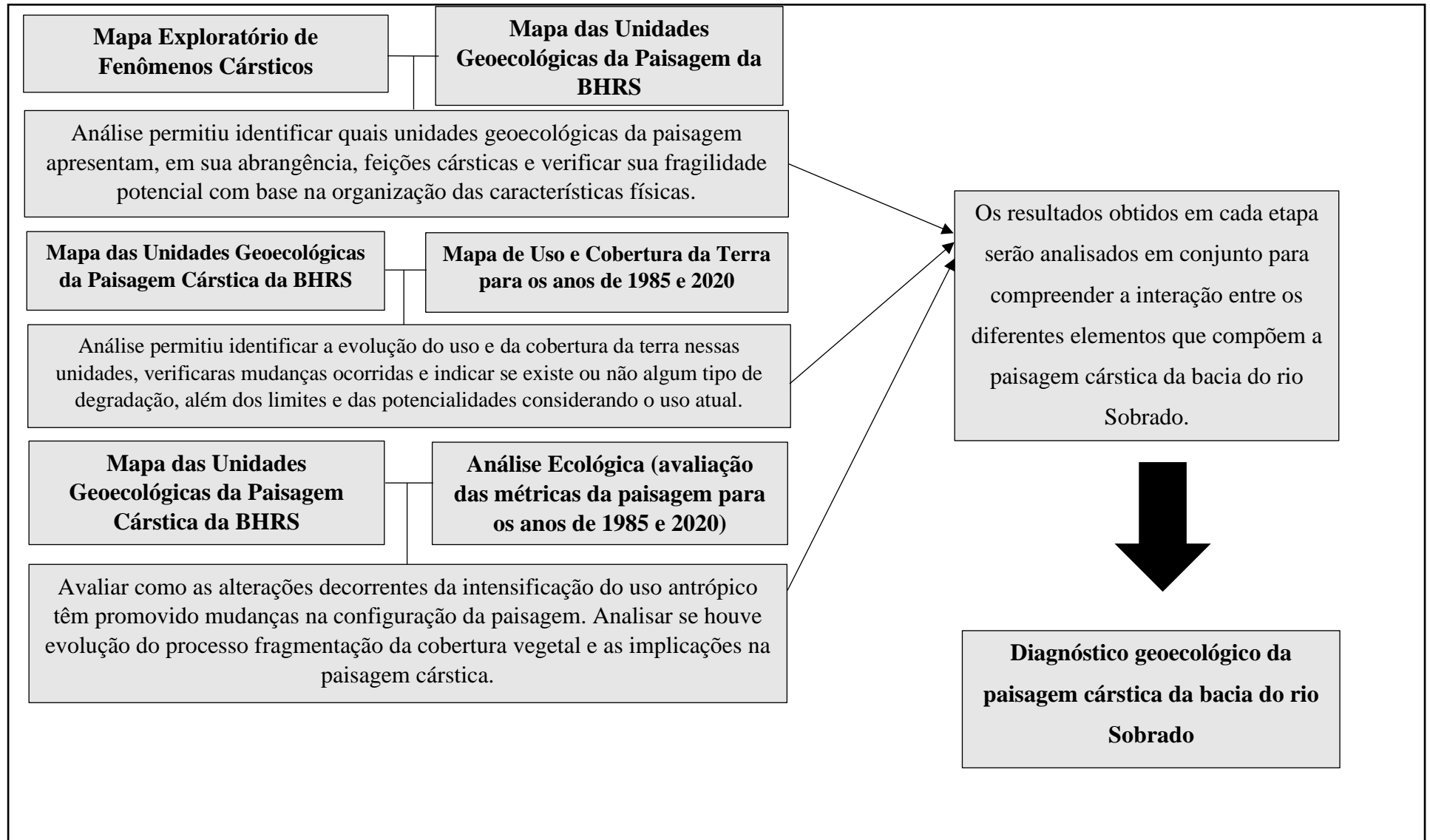
A primeira etapa dessa análise consistiu na realização da sobreposição do mapa exploratório de fenômenos cársticos com o mapa de unidades geoecológicas da paisagem. A partir disso, foram identificadas as unidades que apresentam feições cársticas e atrativos turísticos na abrangência da bacia do rio Sobrado (Figura 30).

A segunda etapa compreendeu a sobreposição das unidades geoecológicas da paisagem com o mapa de uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2020, o qual indicou a evolução das alterações provenientes da expansão das atividades humanas nesses ambientes (Figura 30). Identificar mudanças na cobertura da terra nessas unidades geoecológicas contribuiu para avaliação dos potenciais riscos ambientais, diante dos fatores de origem natural ou advindos das atividades humanas, além das potencialidades e das limitações para os tipos de uso e suas influências sobre as feições cársticas.

Na terceira etapa, realizou-se a análise ecológica envolvendo os resultados apresentados pelas métricas da paisagem, a fim de verificar se está ocorrendo o processo de fragmentação dos remanescentes da cobertura vegetal nativa (Figura 30). Conhecer a evolução e a situação atual das condições desses fragmentos permitiu avaliar como a presença humana e as mudanças da terra afetam a biodiversidade, os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos. Portanto, entender a extensão da fragmentação e suas consequências ecológicas é fundamental para conservação dessas áreas sensíveis.

Os resultados obtidos nas três etapas foram analisados em conjunto, com a finalidade de compreender a interação entre os diferentes elementos que compõem as unidades geoecológicas e possibilitar a elaboração do diagnóstico geoecológico da paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado, oferecendo subsídios relevantes para o desenvolvimento do planejamento e gestão sustentável dessa área (Figura 30).

Figura 30 – Fluxograma do diagnóstico geocológico das unidades da paisagem cárstica da bacia do rio Sobrado



5 USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA DO RIO SOBRADO

5.1 Principais atividades econômicas e dinâmica populacional na bacia do rio Sobrado

A identificação das principais atividades econômicas desenvolvidas nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Sobrado é essencial para compreender o processo de apropriação dos recursos naturais estabelecidos pela população local.

A área da bacia do rio Sobrado faz divisa com a parte oeste do estado da Bahia, considerada como fronteira agrícola de cultivo de grãos para exportação. Os municípios de São Desidério e Luís Eduardo Magalhães são destaques brasileiros na produção de grãos (SEI, 2019). O atual uso das terras nos municípios tocantinenses está direcionado para atividades envolvendo a pecuária e a agricultura, com destaque para as lavouras temporárias, além da prática de criações diversas (SEPLAN, 2021a, b).

No município de Taguatinga, o uso e ocupação das terras divide-se em: lavouras permanentes e temporárias (Quadro 12), sistemas agroflorestais e o destaque para atividade de pecuária. Tem-se ainda produção de leite, extrativismo vegetal para produção de lenha (SEPLAN, 2021b). Já no município de Aurora do Tocantins, o uso das terras divide-se em: lavouras permanentes e temporárias (Quadro 12), sistemas agroflorestais, destaca-se a atividade de pecuária, e têm-se ainda a produção de leite (SEPLAN, 2021a).

Quadro 12 – Gêneros da produção agrícola dos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins no ano de 2020

	Cultura	Área colhida – 2020 (hectares)
Taguatinga	Arroz	63
	Banana	10
	Cana-de-açúcar	20
	Mandioca	130
	Milho	2.300
	Total	2.523
	Aurora do Tocantins	Arroz
Banana		10
Cana-de-açúcar		20
Mandioca		75
Milho		125
Total		242

Fonte: Elaborado a partir de dados do IBGE (2021a, b) e da SEPLAN (2021a, b).

Já em relação à quantidade de financiamentos concedidos a produtores e cooperativas pelo Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF), identificou-se que, nos

municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins, houve maiores números direcionados para a modalidade pecuária do que para a agricultura entre 2016 e 2020 (Tabelas 4 e 5), indicando a predominância de uma estrutura produtiva baseada na pecuária extensiva.

Tabela 4 – Evolução da quantidade de financiamentos concedidos a produtores e cooperativas entre 2016 e 2020 nos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins

	Ano	Modalidade		Total
		Agrícola	Pecuária	
Taguatinga	2016	1	86	87
	2017	5	48	53
	2018	10	75	85
	2019	3	78	81
	2020	3	143	146
Aurora do Tocantins	2016	-	41	41
	2017	3	23	26
	2018	-	38	38
	2019	-	43	43
	2020	-	51	51

Fonte: SEPLAN (2021a, b).

Tabela 5 – Evolução na quantidade de financiamentos concedidos pelo PRONAF entre 2016 e 2020 nos municípios de Taguatinga e Aurora do Tocantins

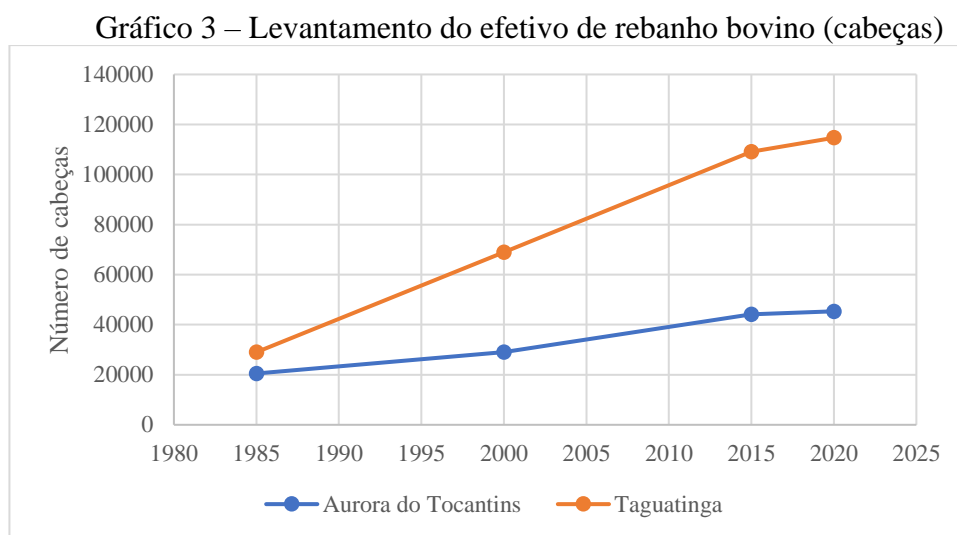
	Ano	Modalidade		Total
		Agrícola	Pecuária	
Taguatinga	2016	-	33	33
	2017	3	3	6
	2018	-	24	24
	2019	1	45	46
	2020	-	77	77
Aurora do Tocantins	2016	-	17	17
	2017	-	6	6
	2018	-	20	20
	2019	-	20	20
	2020	-	32	32

Fonte: SEPLAN (2021a, b).

A pecuária é uma atividade presente no bioma Cerrado desde o período colonial, que se expandiu no decorrer dos anos e ocupou posição de destaque na substituição de áreas com vegetação nativa, devido ao incentivo de programas governamentais, evidenciando a vocação dessas áreas para criação de gado e produção de carne para atender a demanda do mercado

nacional e internacional (Sano *et al.*, 2019; Souza; Martins; Druciaki, 2020; Strassburg *et al.*, 2017).

Na área da bacia do rio Sobrado, os dados do levantamento de rebanho bovino, considerando a quantidade de cabeças, revelam que, tanto no município de Aurora do Tocantins quanto em Taguatinga, houve crescimento do rebanho no decorrer dos anos pesquisados (Gráfico 3).



Fonte: elaborado a partir de dados do IBGE/SIDRA (2021).

Ao analisar os números do levantamento sobre o rebanho bovino para os municípios do estado do Tocantins para o ano de 2020, observou-se que Taguatinga ocupa o 21º lugar, porém, ao buscar pelos municípios situados na região sudeste, este passa a ocupar a 2ª posição, ficando atrás apenas do município de Paranã (IBGE, 2021). Esses dados demonstram o potencial dessa atividade econômica na região de estudo.

A bacia do rio Sobrado está localizada em uma região do estado do Tocantins com grande ocorrência de rochas carbonáticas, utilizadas para a produção de calcário (Collicchio *et al.*, 2022). No município de Taguatinga, há empresas que atuam na extração de calcário: CALTA – Calcário Taguatinga LTDA., Nativo Mineradora LTDA. e Pirecal Calcário, usado para correção de solos para cultivo agrícola (Rodrigues, 2008). Entretanto, na abrangência da bacia, não foi identificada área de extração alguma.

A argila se trata de outra matéria-prima voltada para produção de tijolos para o consumo local e dos municípios vizinhos (Rodrigues, 2008). No trabalho de campo, identificou-se duas cerâmicas na abrangência da bacia do rio Sobrado (Figura 31).

Figura 31 – Imagem das cerâmicas na área da bacia do rio Sobrado



Fonte: Autora (2021, 2023).

Na abrangência da bacia do rio Sobrado, tem-se presente a Pequena Central Hidrelétrica no rio Sobrado, denominada PCH-Sobrado, e outra Pequena Central Hidrelétrica no ribeirão do Abreu, denominada PCH-Taguatinga.

A PCH-Sobrado, localizada no município de Taguatinga, encontra-se em operação desde 1998, no rio Sobrado. Mais popularmente conhecida como Cachoeira do Registro (Figura 32), não possui área de alagamento, seu potencial de geração de energia de 4,82 *megawatts*, e o destino da energia gerada é produção independente (Gil, 2012).

Figura 32 – Imagens da PCH-Sobrado no município de Taguatinga



Fonte: Autora (2021).

A PCH-Taguatinga, localizada no município de Taguatinga, encontra-se em operação desde 1983, no ribeirão do Abreu (Figura 33). Seu potencial de geração de energia de 1,75 *megawatts*, possui uma área de alagamento equivalente a 0,2 km², e a destinação de sua energia é o serviço público (Gil, 2012).

Figura 33 – Imagens da PCH-Taguatinga no município de Taguatinga



Fonte: Autora (2023).

Em relação aos indicadores sociais, no que se refere aos dados sobre a população dos municípios de Aurora do Tocantins e Taguatinga, nota-se que os dois municípios apresentaram crescimento populacional entre os anos de 2000 e 2010, e em 2022 ocorreu a diminuição do número da população total (Tabela 6).

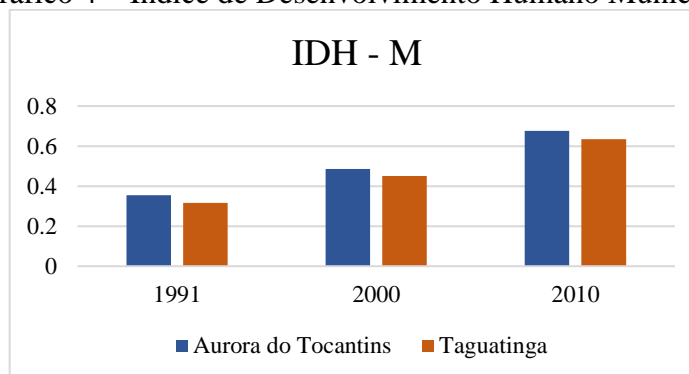
Tabela 6 – Evolução da população rural e urbana nos municípios com área predominante na bacia do rio Sobrado

Município	População rural		População urbana		População total		
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2022
Aurora do Tocantins	1.141	964	1.960	2.482	3.101	3.446	3.342
Taguatinga	5.009	4.424	8.160	10.627	13.169	15.051	14.011

Fonte: Elaborada a partir de dados do IBGE (2010a, b, 2022a, b).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) é uma medida utilizada para apresentar o grau de desenvolvimento municipal, considerando os indicadores de educação, saúde e renda. Ao visualizar os dados do Gráfico 4, observa-se crescimento na comparação dos dados entre 1991 e 2010. No *ranking* dos municípios do estado do Tocantins, Aurora do Tocantins ocupa a 22ª posição entre os 139 municípios tocantinenses, e Taguatinga, a 76ª posição (SEPLAN, 2021a, b).

Gráfico 4 – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal



Fonte: Elaborado a partir de dados do IBGE (2010a, b).

5.2 Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado

A classificação das imagens teve como objetivo apresentar o uso e a cobertura da terra da bacia do rio Sobrado, identificar e mapear as áreas ocupadas por cada classe e analisar a evolução multitemporal dessas classes para os anos de 1985, 2000, 2015 e 2020, demonstrando as principais modificações do período.

A classificação utilizou o método supervisionado por regiões, Bhattacharya, no *software* SPRING. Como esse método não apresenta a avaliação da acurácia, utilizou-se o complemento AacaTama no *software* QGIS. O resultado pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores da acurácia global e índice Kappa para as classificações das imagens

Imagem classificada	Acurácia global	Índice Kappa
Ano 1985	0,9176 ou 91,76%	0,9007 ou 90,07%
Ano 2000	0,9060 ou 90,60%	0,8881 ou 88,82%
Ano 2015	0,9105 ou 91,05%	0,8966 ou 89,66%
Ano 2020	0,9236 ou 92,36%	0,8970 ou 89,70%

Fonte: Dados da pesquisa.

Para avaliar a qualidade das classificações do mapas temáticos, Landis e Koch (1977) elaboraram intervalos de valores, considerando o índice Kappa (Tabela 8). O índice Kappa mostra o nível de aceitação das amostras adquiridas durante a etapa de avaliação da acurácia. É calculado a partir da matriz de confusão, das variações de erros de omissão e inclusão entre as classes criadas (Jensen, 1996).

Tabela 8 – A qualidade da classificação associada aos valores do índice Kappa

Índice Kappa	Qualidade
0.00	Não concordante
0.01 a 0.20	Ruim
0.21 a 0.40	Razoável
0.41 a 0.60	Boa
0.61 a 0.80	Muito boa
0.81 a 1.00	Excelente

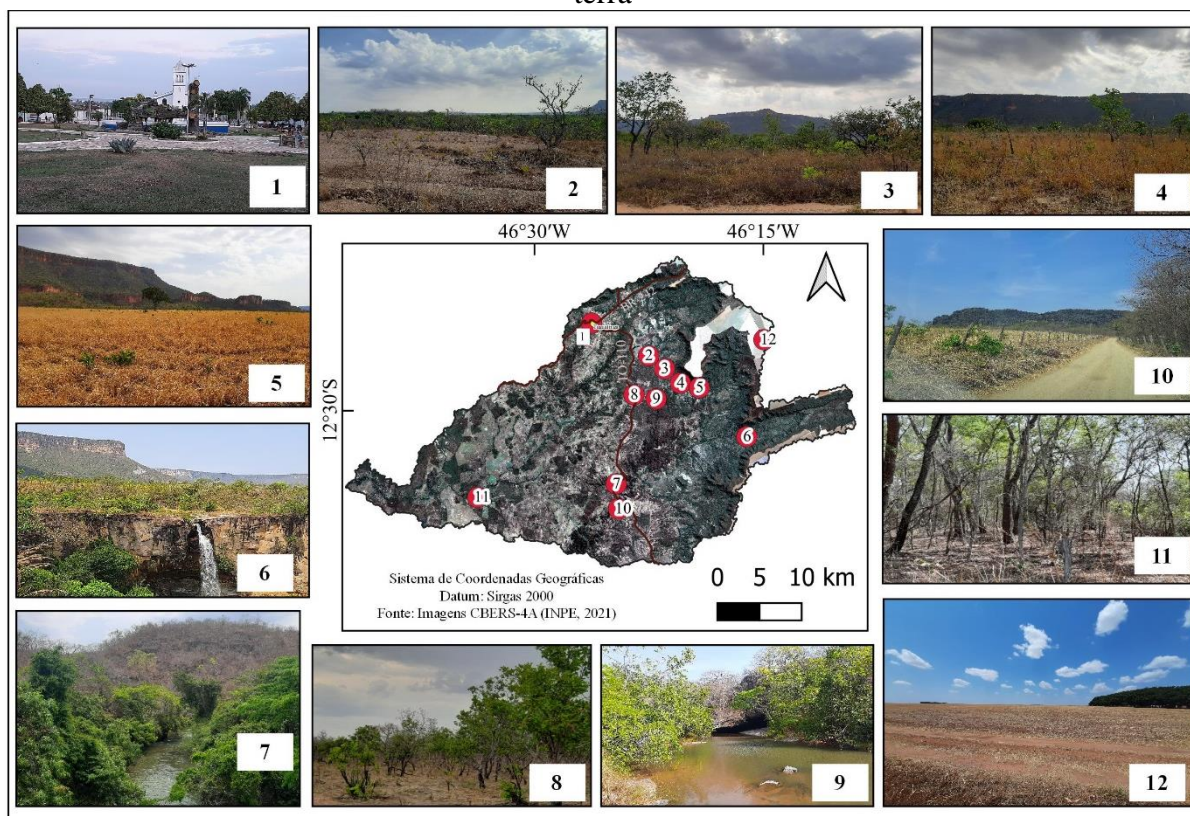
Fonte: Landis e Koch (1977, p. 165).

Observa-se que os valores obtidos na classificação das imagens da pesquisa estão compreendidos no intervalo entre 0.81 a 1.00 (Landis; Koch, 1977), enquadrando-se como excelente. Porém alguns erros de omissão e inclusão de determinadas classes, como agricultura,

pastagem e formações vegetais, podem ser considerados inevitáveis quando se trabalha com classificação.

O trabalho de campo realizado em setembro de 2021 auxiliou na identificação das classes do mapa de uso e cobertura da terra e na validação da classificação. A partir da localização de cada ponto com coordenadas (latitude e longitude), foi possível elaborar um mapa com uma seleção amostral de 13 dos 94 pontos levantados em trabalho de campo realizado em setembro de 2021 (Figura 34).

Figura 34 – Pontos levantados em campo para validação das classes de uso e ocupação da terra



5.3 Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia do rio Sobrado

O processo de ocupação dos dois municípios, Taguatinga e Aurora do Tocantins, compreendidos na abrangência da bacia do rio Sobrado, tem ligação com o histórico de ocupação do norte de Goiás, que depois foi desmembrado e se tornou o estado do Tocantins em 5 de outubro de 1988.

O município de Taguatinga teve sua origem a partir de pequenos povoados surgidos nas proximidades da Fazenda Brejo, que atraiu diversas pessoas para exercer o trabalho rural. A instalação do município se deu em 10 de julho de 1872 (SEPLAN, 2021b).

O município de Aurora do Tocantins foi criado em 1 de janeiro de 1964. Os pioneiros iniciaram a instalação nessa área por volta de 1780, na Fazenda Barreira dos Cavalos, que mais tarde ficou conhecida por Sítio do Bonfim. Mais pessoas chegaram e foram se fixando às margens do ribeirão Cana-Brava, em um local denominado Boqueirão (SEPLAN, 2021a).

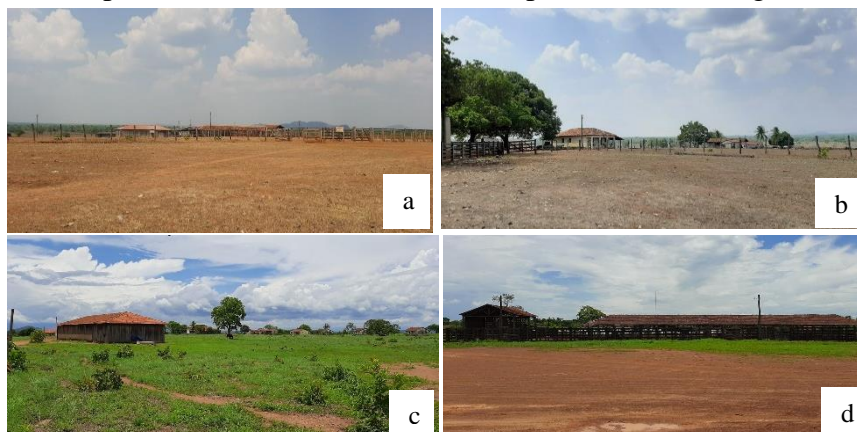
O início da ocupação da região norte de Goiás ocorreu por meio da descoberta de minas de ouro no século XVIII, originando o processo de desenvolvimento econômico e populacional dessa região. Com o fim da mineração, a dinâmica econômica ocorreu a partir de atividades envolvendo agricultura familiar e pecuária extensiva (Oliveira, 2018).

Os incentivos fiscais do Governo Federal proporcionaram a expansão da fronteira agrícola na ocupação do antigo norte de Goiás, e a ampliação da pecuária extensiva foi direcionada para a região com baixos índices de desenvolvimento econômico (Oliveira, 2018).

Historicamente, após o ciclo do ouro, a pecuária extensiva se tornou a principal atividade econômica na região onde está localizada a bacia hidrográfica do rio Sobrado (Tocantins, 2007).

O trabalho de campo possibilitou identificar existência de diversas propriedades com pastagens e estruturas vinculadas à atividade da pecuária, como aquelas localizadas no baixo curso da bacia no município de Aurora do Tocantins, a Fazenda Limoeiro e a Fazenda da Barra, esta última localizada na área de encontro do rio Sobrado com o rio Palma (Figura 35).

Figura 35 – Propriedades vinculadas à atividade pecuária na abrangência da BHRS



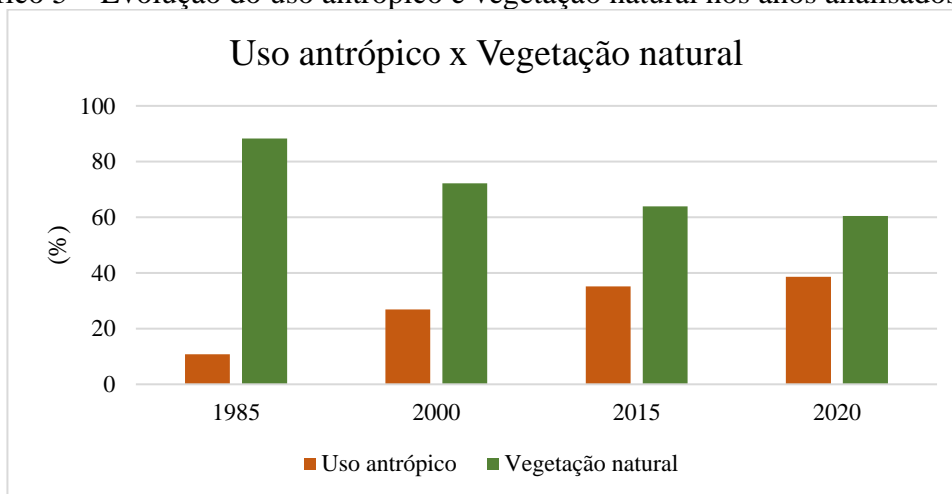
Fonte: Autora (2022). Legenda: (a) e (b) Fazenda Barra; (c) e (d) Fazenda Limoeiro.

O mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Sobrado (BHRS) permitiu avaliar a dinâmica da paisagem e, a partir desses resultados, verificar a influência das transformações nessa paisagem (Figuras 36, 37, 39 e 40).

O mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado, no ano de 1985, indicou que a maior parte da área (88,33%) ainda se encontrava coberta por vegetação nativa, e as áreas de cobertura antrópica ocupavam 10,77%. A classe pastagem é o seu representante mais expressivo, abrangendo 10,01%.

A cobertura vegetal nativa era dominada pela Formação Florestal, seguida pela Formação Savânica e pela Formação Campestre. Observa-se redução da área ocupada por essas classes no decorrer dos anos e o expressivo aumento das áreas de pastagem e agricultura nos anos analisados (Gráfico 5). Esta última se destaca na abrangência dos municípios de Luís Eduardo Magalhães e São Desidério, mais especificamente na área do platô da Serra Geral.

Gráfico 5 – Evolução do uso antrópico e vegetação natural nos anos analisados na BHRS



Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados demonstram que, em 1985, a Formação Campestre correspondia a 12,59% da área, distribuída nas porções nordeste e sudeste da bacia. A Formação Florestal (38,48%) estava bem distribuída na área e associada à Serra Geral, próxima aos cursos d'água e aos afloramentos rochosos. Já a Formação Savânica ocupava 37,26% da área da bacia (Figura 52). A comparação dos dados indica que, no ano 2000, ocorreu diminuição da área ocupada pela Formação Campestre (3,40%), pela Formação Florestal (8,65%) e pela Formação Savânica (4,07%).

A classe pastagem era a cobertura antrópica predominante na área de estudo (10,01%) no ano de 1985, e, no ano 2000, houve uma ampliação da área ocupada (22,93%). A classe agricultura, em 1985, não foi identificada, porém, em 2000, passou a ocupar 3.509,33 hectares (Figura 37).

A área urbana, em 1985, correspondia a 64,54 hectares, e, no ano 2000, houve expansão de 0,25%, chegando a ocupar 278,15 hectares. A classe solo exposto ocupava uma pequena área da bacia (0,70%) no ano de 1985, incluindo estradas e áreas sem cobertura vegetal nativa. Em 2000, houve redução desse valor, chegando a ocupar 0,54%.

Entre 2000 e 2015, a Formação Florestal diminuiu 2,85%, sendo substituída por áreas de pastagem. A Formação Savânica e a Formação Campestre diminuíram sua área ocupada em 3,35% e 2,07%, respectivamente, devido à conversão do uso para as atividades de agricultura na Serra Geral, na área localizada nos municípios de Luís Eduardo Magalhães e São Desidério, no estado da Bahia, e também se observou sua destinação para área de pastagem.

A pastagem e a agricultura, entre 2000 e 2015, aumentaram juntas 8,36% na área ocupada na bacia do rio Sobrado. O solo exposto diminuiu 0,22%. Já em relação à área urbana, houve aumento de 0,12% de sua área.

Os dados revelam que as pastagens constituem o uso antrópico predominante na área de estudo (32,19%) no ano de 2020, em concordância com os dados do levantamento de efetivo bovino (Gráfico 3), que apresentaram constante crescimento no período em estudo, tanto para o município de Taguatinga quanto para Aurora do Tocantins. O trabalho de campo possibilitou identificar que a pastagem está distribuída por toda a área de estudo, inclusive em áreas de declive acentuado (Figura 38).

Figura 36 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 1985

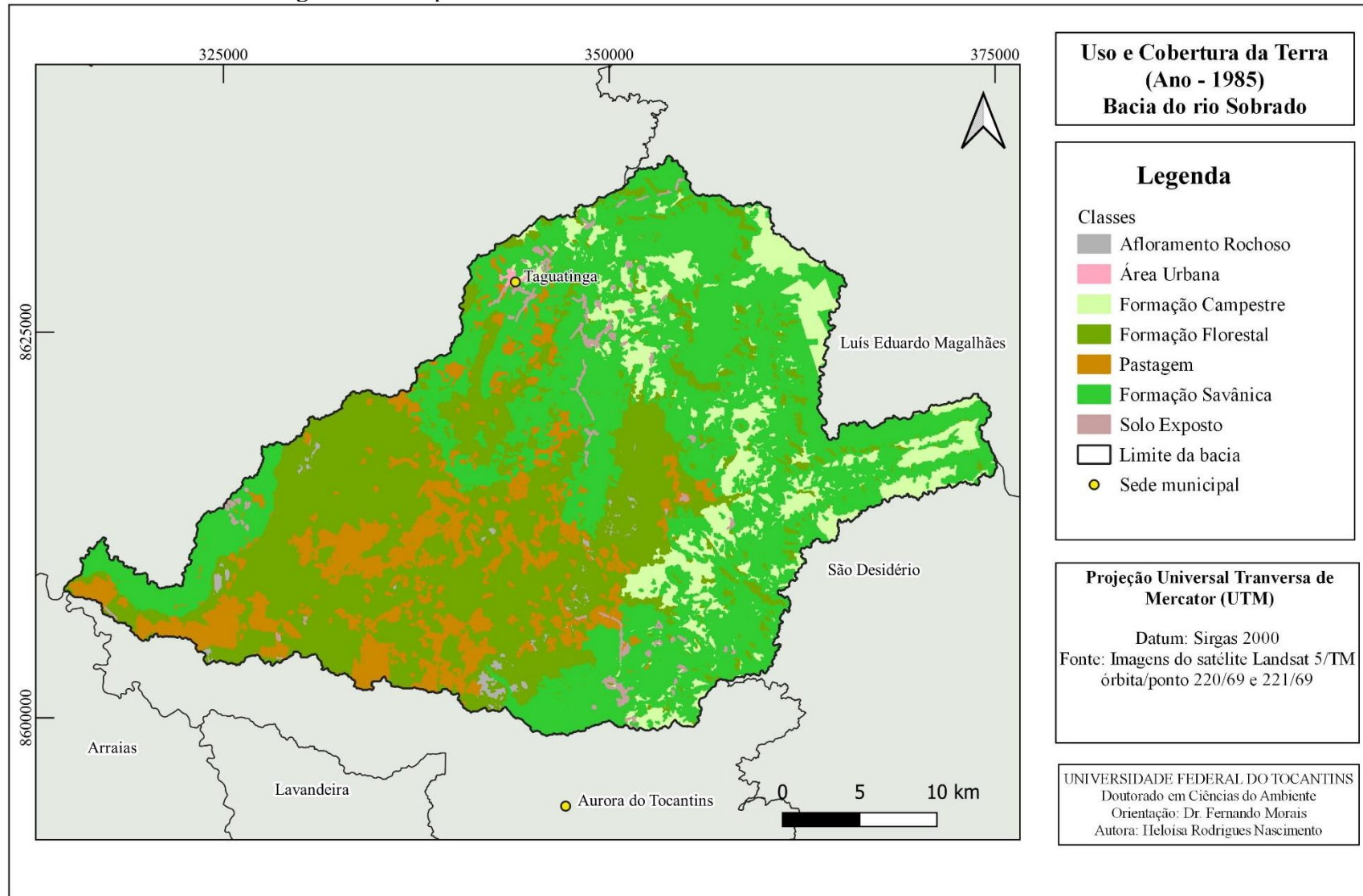


Figura 37 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 2000

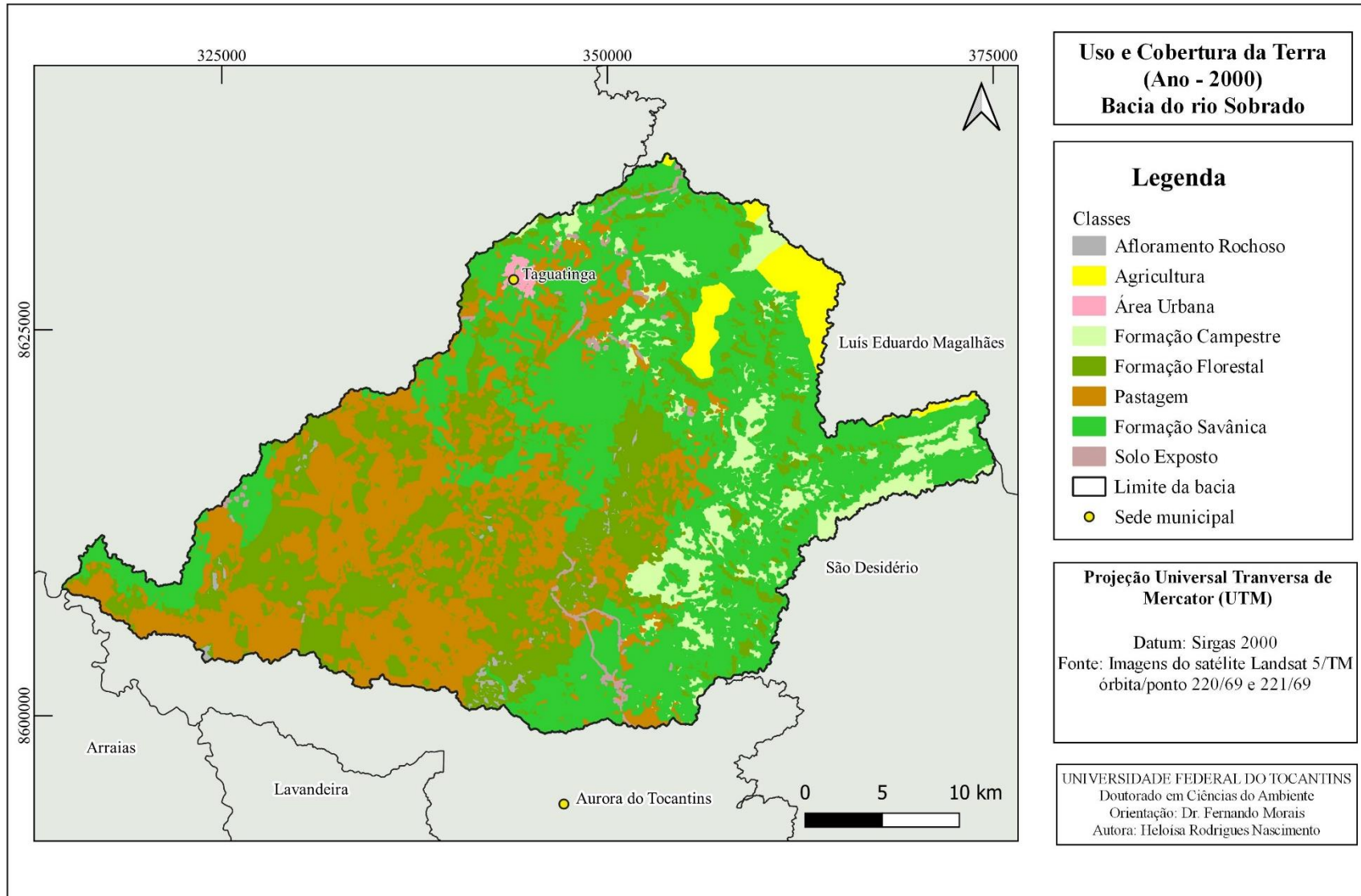
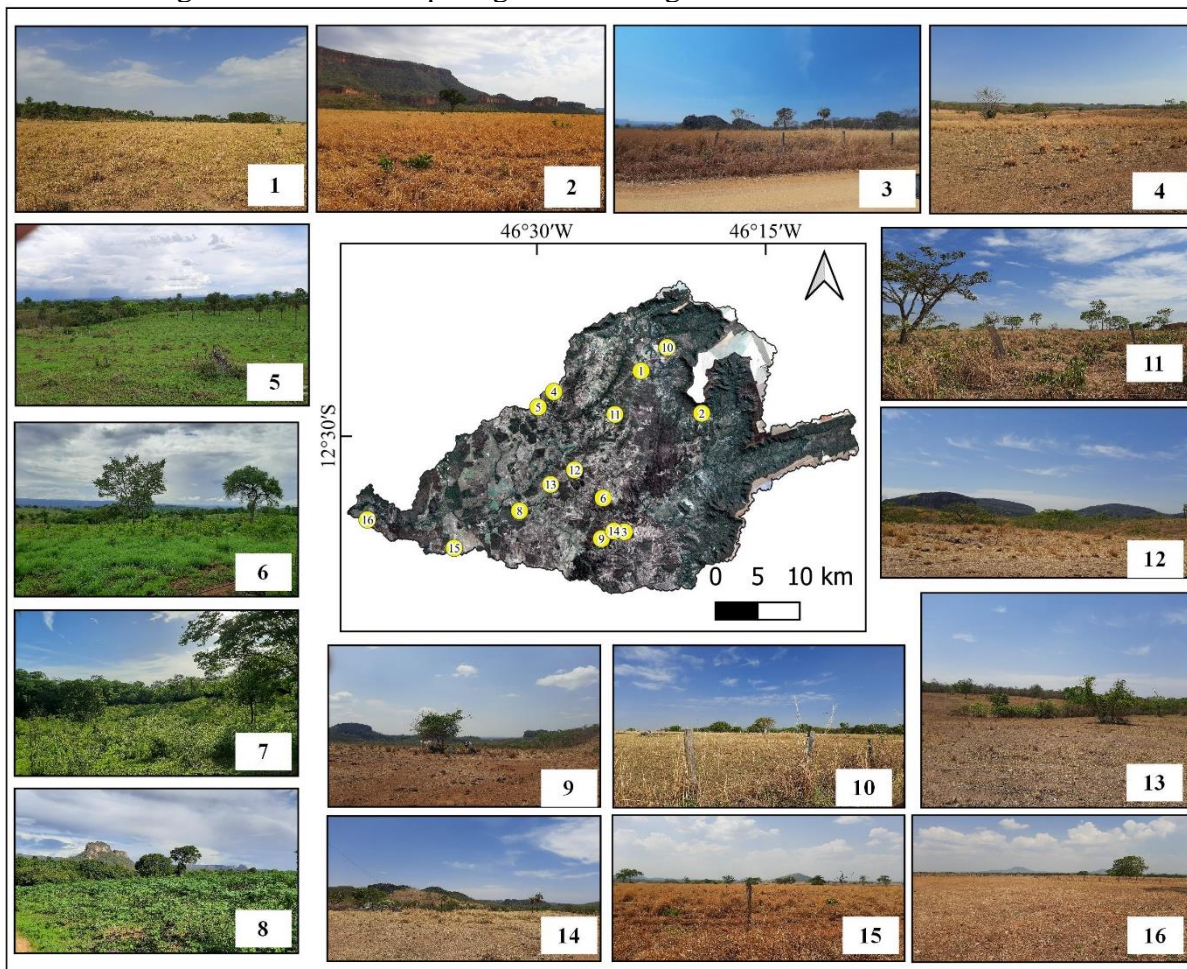


Figura 38 – Áreas de pastagem na abrangência da bacia do rio Sobrado



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os valores da área urbana do município de Taguatinga, ressalta-se que essa classe apresentou aumento, pois, em 2015, ocupava 412,97 hectares e, em 2020, houve expansão, chegando a 423,05 hectares. A classe agricultura, em 2015, ocupava 5.125,01 hectares e chegou a 6.046,07 hectares em 2020 (Gráfico 6).

Ao observar o percentual de área ocupada (Gráfico 5) para as categorias de uso antrópico (agricultura, área urbana, pastagem e solo exposto), percebe-se que, em 1985, correspondia a 10,77% da área total e apresentou crescimento dos valores de ocupação para os anos seguintes, representando: 26,90% (ano 2000), 35,16% (ano 2015) e 38,63% (ano 2020).

A vegetação nativa que, em 2015, ocupava 63,94% da área teve redução em comparação com os dados referentes ao ano de 2020, entretanto a cobertura de vegetação ainda predomina, constituindo 60,46% da área de estudo. Os dados demonstram que, em 2020, a Formação Campestre correspondia a 6,05% da área, a Formação Florestal representava 25,75%, e a Formação Savânica ocupava 28,66% (Figuras 39 e 40).

Figura 39 – Mapa de uso e cobertura da terra na bacia do rio Sobrado - ano 2015

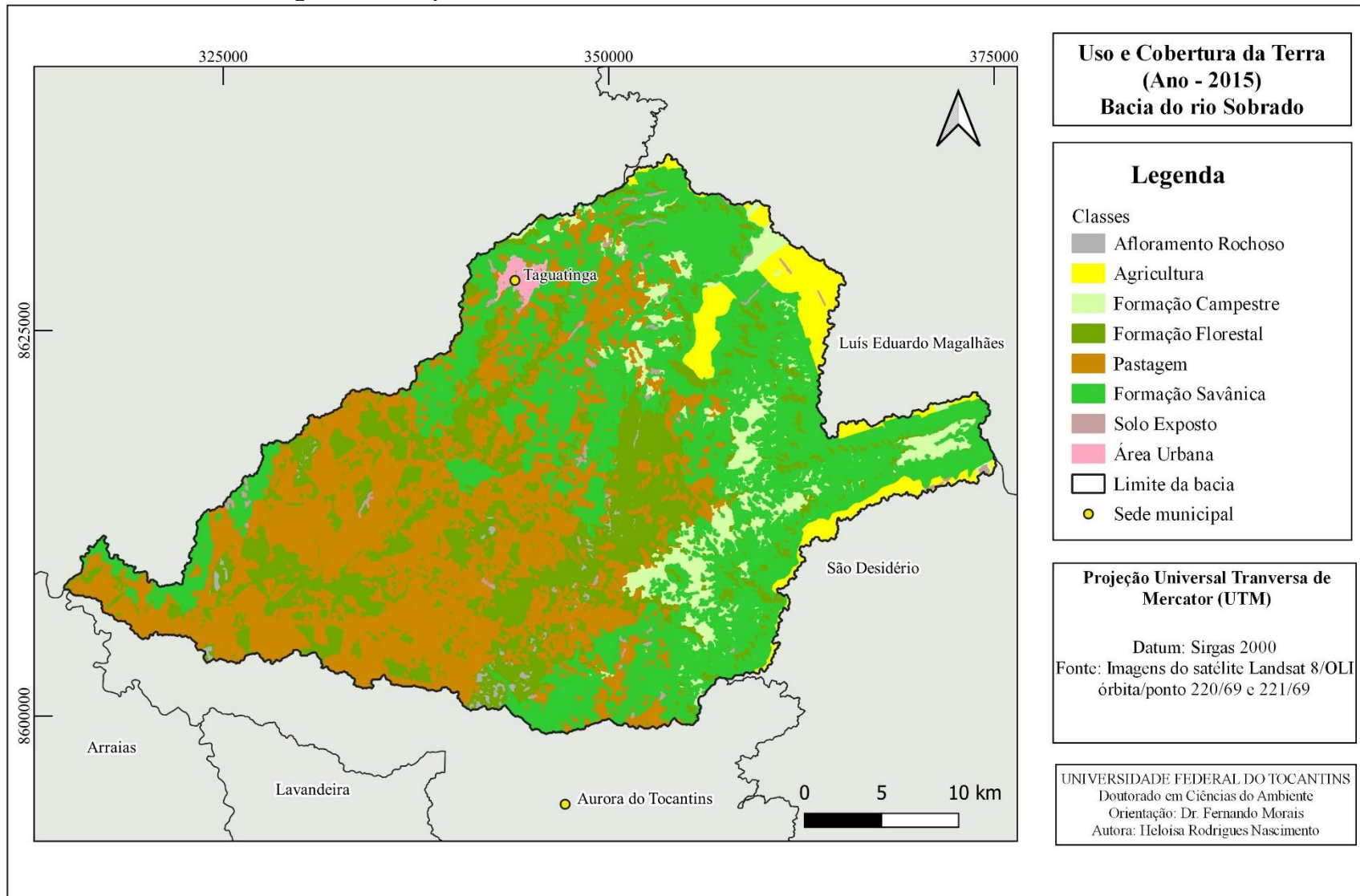


Figura 40 – Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Sobrado - ano 2020

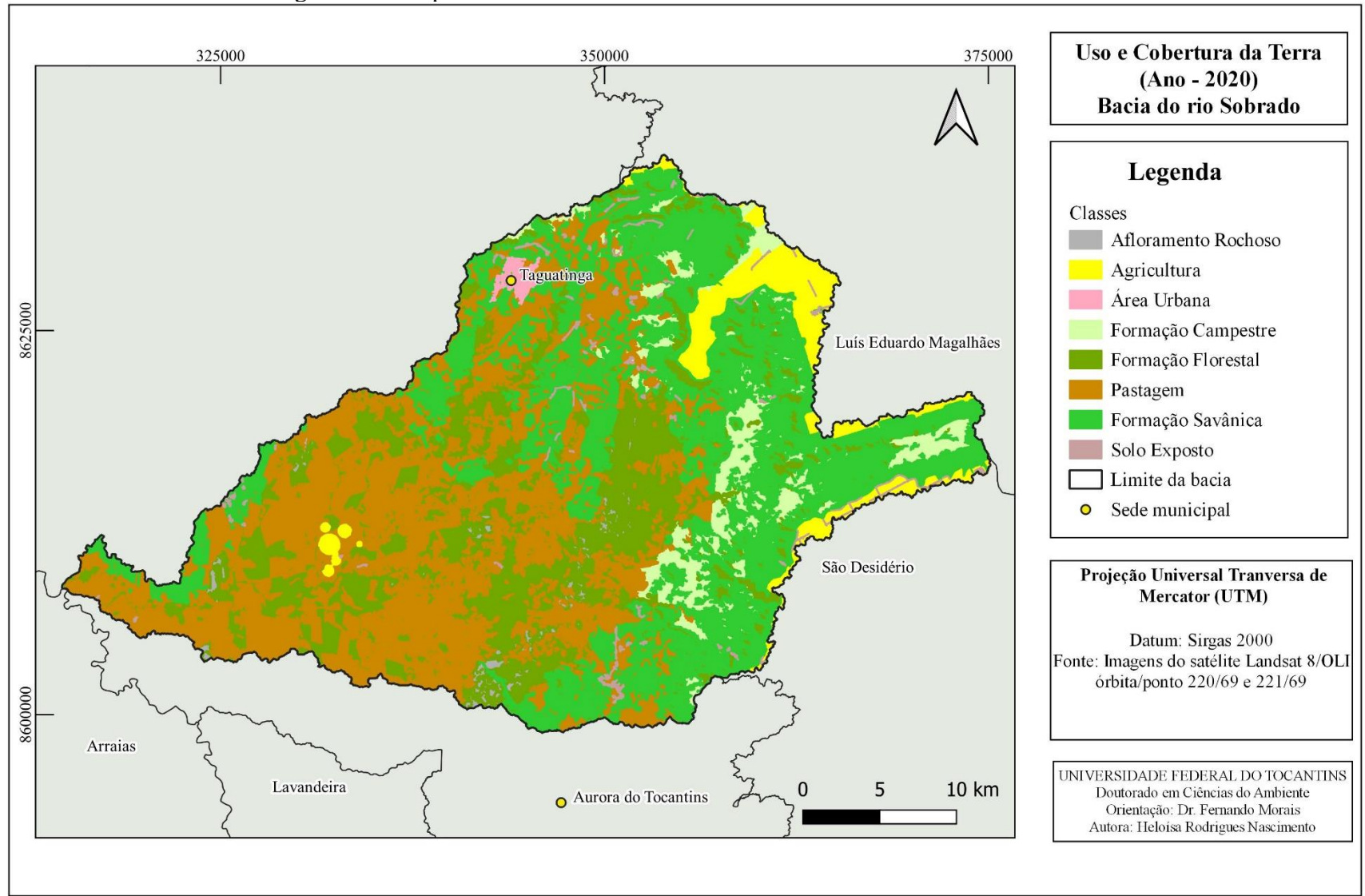
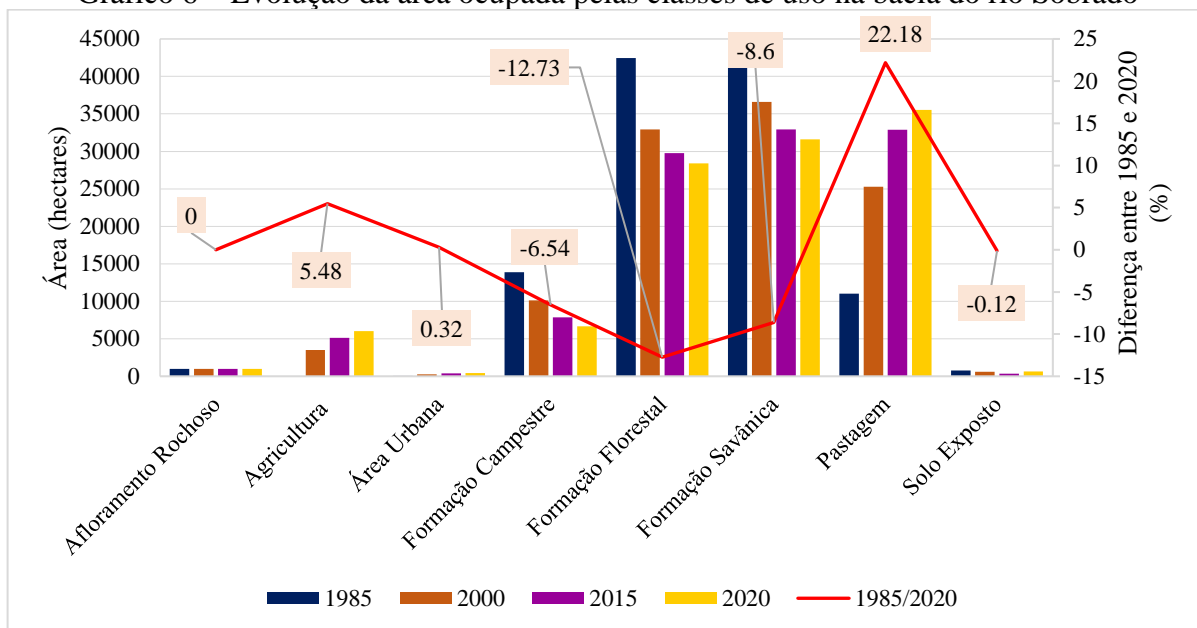


Gráfico 6 – Evolução da área ocupada pelas classes de uso na bacia do rio Sobrado



Fonte: Dados da pesquisa.

A partir dos dados apresentados (Gráfico 6), foi possível verificar redução nas áreas ocupadas pela Formação Campestre (6,54%), pela Formação Florestal (12,73%) e pela Formação Savânica (8,6%) entre os anos de 1985 e 2020, principalmente devido ao avanço da pastagem, seguida pela agricultura na bacia do rio Sobrado.

As intervenções humanas nas paisagens têm ocasionado alterações significativas, interferindo diretamente na qualidade ambiental, muitas vezes imperceptíveis de imediato, porém podem estar na origem de graves danos ao ambiente natural e ao ecossistema (Coelho *et al.*, 2014; Lang; Blaschke, 2009).

A presença da vegetação é um importante indicador das condições ambientais de uma determinada paisagem, pois protege o solo, reduz o transporte de sedimentos e o assoreamento dos cursos d'água, a ocorrência de processos erosivos, reciclagem de nutrientes e fornece condições para a manutenção da biodiversidade local, além de servir como *habitat* para animais silvestres (Saito *et al.*, 2016; Tricart, 1977).

A substituição da vegetação nativa para o estabelecimento da agricultura e de pastagens, principalmente quando se trata do contexto de bacia hidrográfica inserida em um ambiente cárstico, pode acarretar mudanças nos regimes hidrológicos e nos níveis freáticos, na qualidade das águas, além da possível contaminação das águas superficiais e subterrâneas através de agroquímicos, adubos, pesticidas, fertilizantes, entre outros (Medeiros; Alves, 2021).

No tocante às diversas implicações para o carste, as ações provenientes do desmatamento e da pecuária nesses ambientes podem promover erosão do solo, destruição do epicarste e desertificação rochosa (Parise; Gunn, 2007).

As formas de ocupação em paisagens cársticas necessitam de planejamento específico, pois apresentam um grau significativo de fragilidade devido ao contexto geológico que possibilitou sua formação (Hardt, 2008). De Waele *et al.* (2011) destacaram outras quatro questões a serem consideradas em virtude da ocorrência de situações ameaçadoras e prejudiciais ao sistema: prevalência de drenagem subterrânea predominantemente vertical, o que acelera a circulação da água e dos poluentes; tempo de resposta do sistema cárstico às diferentes alterações produzidas pelas ações antrópicas; baixa resiliência dos componentes geomórficos e hidrológicos diante das ações humanas; alta solubilidade e baixa resistência mecânica das rochas.

Destaca-se, portanto, que, mesmo a bacia do rio Sobrado apresentando 60,49% de cobertura vegetal nativa, deve ser levado em consideração que a maioria dos remanescentes está localizada em áreas com declive acentuado, um fator que dificulta ações de desmatamento e presença de maciços de afloramento rochoso. No trabalho de campo, foi possível observar que, na área ao redor dos maciços de afloramento rochoso, há vegetação, porém se encontra sob a influência de áreas antropizadas, que, nesse caso, se refere à pastagem (Figura 41).

Figura 41 – Uso e ocupação ao redor de áreas com a presença de maciços de afloramento de rochas carbonáticas



Fonte: Autora (2022).

Outros fatores podem ter contribuído para a redução na área de vegetação natural, como a prática de queimadas. Por isso, obtiveram-se os dados sobre cicatrizes de queimadas na área da bacia do rio Sobrado. Para o ano de 2015, foram identificados 140 polígonos e, em 2019, 105 polígonos (Cerrado DPAT, 2020b). No trabalho de campo realizado em setembro de 2021, identificaram-se algumas áreas que foram queimadas nas proximidades da Serra Geral (Figura 42).

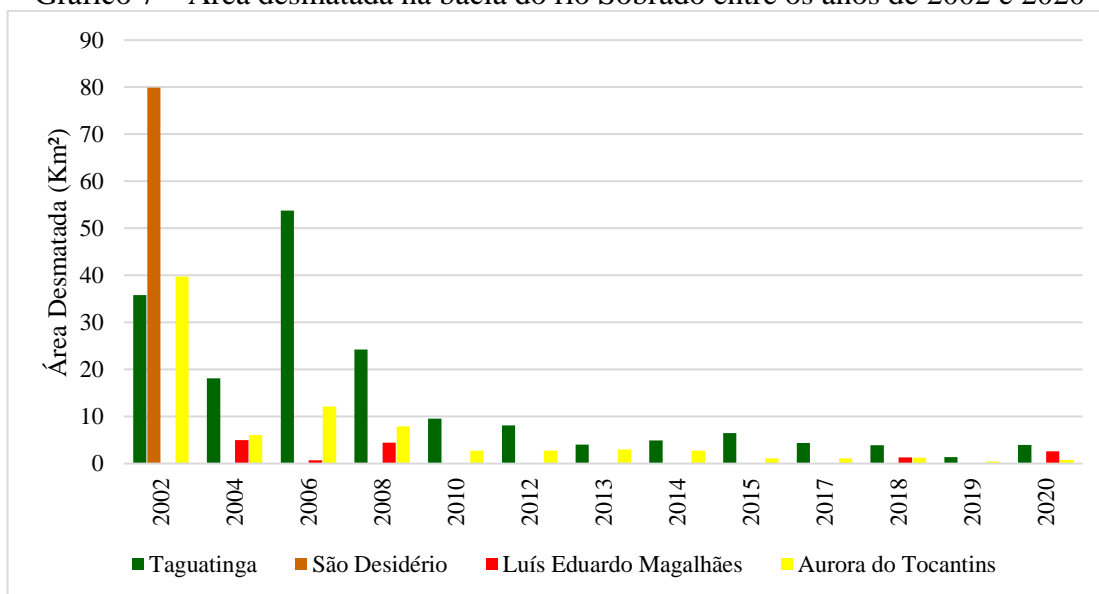
Figura 42 – Área de queimadas na bacia do rio Sobrado



Fonte: Autora (2021).

Os dados sobre desmatamento, obtidos na plataforma Cerrado DPAT (*Deforestation Polygon Assessment Tool*), referentes ao período 2002 a 2020, demonstram, a partir dos dados do Gráfico 7, que as áreas desmatadas no ano de 2002 foram de 155,551 km², e que houve uma redução desses valores com o decorrer do tempo. Em 2020, o valor da área desmatada foi equivalente a 7,260 km² (Cerrado DPAT, 2020a).

Gráfico 7 – Área desmatada na bacia do rio Sobrado entre os anos de 2002 e 2020



Fonte: Cerrado DPAT (2020a).

É possível visualizar que o desmatamento é constante nos municípios de Aurora do Tocantins e Taguatinga, locais onde a área da bacia é maior. E, nos municípios de Luís Eduardo Magalhães e São Desidério, a área de agricultura já está consolidada, e, por abranger uma pequena área da bacia, as áreas desmatadas são menores ou não existentes.

A implantação de novas áreas de pastagem contribui para substituição da vegetação nativa na área da bacia do rio Sobrado. No trabalho de campo, foi possível visualizar locais

onde ocorreu o desmatamento (Figura 43). Além disso, os maiores índices de desmatamento foram verificados na década do ano 2000, confirmando os dados dos mapas de uso e cobertura da terra com o avanço das áreas antropizadas (agricultura e pastagem) na bacia do rio Sobrado.

Figura 43 – Área com vegetação suprimida na bacia do rio Sobrado



Fonte: Autora (2021, 2022).

Os ambientes cársticos são extremamente vulneráveis em relação aos distúrbios promovidos pelas ações humanas. Atividades como agricultura, desenvolvimento urbano, disposição de lixo, desmatamento e extração de recursos (mineração) constituem os principais fatores de pressão, contribuindo para poluição de aquíferos, destruição de cavernas, declínio da biodiversidade e modificações na paisagem (Van Beynen; Brinkmann; Van Beynen, 2012).

Uma das principais alterações humanas inseridas nos sistemas cársticos está relacionada à retirada da vegetação para a instalação de atividades agrícolas (Medeiros; Pinto; Alves, 2021), provocando diversos problemas ambientais que devem ser considerados, especialmente por se tratar de um ambiente complexo, detentor de alta fragilidade ambiental e baixa resiliência devido às características geológicas e hidrológicas que possibilitaram sua formação (Brinkmann; Parise, 2012).

Diante desse aspecto, Medeiros e Alves (2021) analisaram a evolução multitemporal do uso e da cobertura da terra na bacia hidrográfica do córrego Taquaral (MS), situada em um ambiente cárstico. Os autores observaram que houve redução da vegetação florestal no decorrer dos anos analisados, entretanto essa cobertura ainda predomina na área da bacia, devido à implantação do Parque Nacional da Serra da Bodoquena. E notaram que ocorreu a substituição da vegetação florestal e pastagem por lavouras de soja, promovendo uma pressão sobre o Parque Nacional, alterando a qualidade ambiental.

Medeiros, Pinto e Alves (2021) avaliaram a evolução do uso e da cobertura das terras na bacia hidrográfica do córrego Bonito (MS) inserida em ambiente cárstico e identificaram importantes transformações: redução das áreas de vegetação florestal, aumento das áreas de

culturas e falta de manejo da pastagem, como fator de alteração na qualidade das águas superficiais, juntamente com a expansão da área urbana que promove o despejo de resíduos sólidos e descarte de esgoto tratado alterando o equilíbrio natural dos córregos.

Lenhare, Sallun Filho e Moreira (2019) observaram uma série temporal de mapas de uso e cobertura da terra na região cárstica compreendida entre o Planalto Guapiara e a Serra de Paranapiacaba, no estado de São Paulo. Na avaliação, notaram que as atividades humanas (mineração, agricultura, entre outros) são predominantes, e a pressão exercida no sistema cárstico no Planalto Guapiara é mais expressiva. Quando comparada com a situação da Serra de Paranapiacaba, a área se encontra preservada devido à existência da unidade de conservação, contribuindo para conservação da vegetação, do solo e do carste.

Ferreira (2015) analisou a evolução do uso e da cobertura das terras na bacia hidrográfica do córrego Cana-Brava (TO) inserida em ambiente cárstico. Os resultados demonstraram avanço da classe agropecuária, atividade predominante na área de estudo, e como consequência ocorreu diminuição gradativa da vegetação nativa das fitofisionomias do Cerrado (Cerrado sentido restrito, Mata de Galeria e Cerrado Rupestre).

Nota-se que os estudos envolvendo análise multitemporal do uso e da cobertura das terras em bacias hidrográficas inseridas em ambientes cársticos demonstram as principais transformações decorrentes das ações humanas, entre elas, redução da cobertura vegetal nativa, que traduz em sérios danos ambientais no estágio atual e longo prazo, tendo em vista a relevância para manutenção desse ambiente com alto nível de fragilidade ambiental.

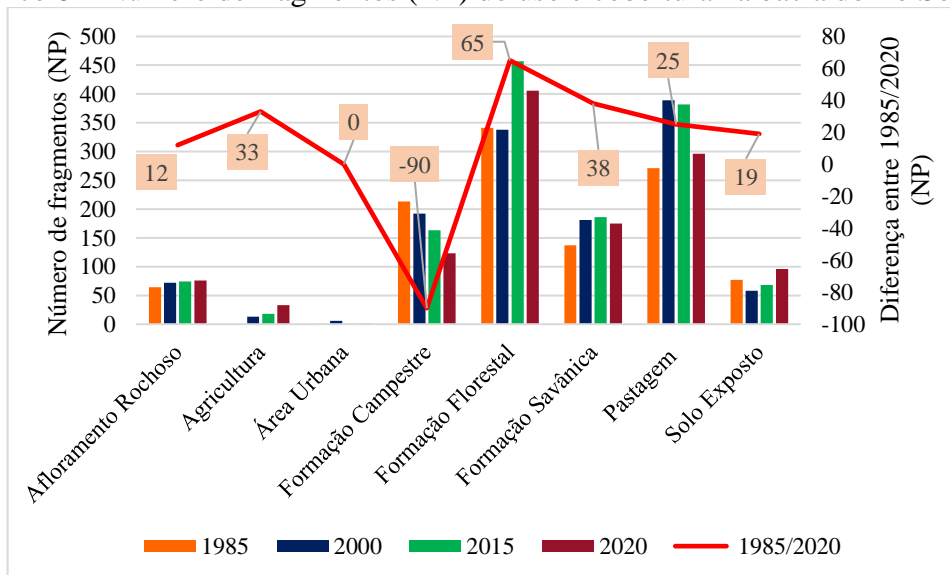
6 ANÁLISE ECOLÓGICA DA PAISAGEM NA BACIA DO RIO SOBRADO

As alterações decorrentes das dinâmicas de uso da terra ocasionam a fragmentação de remanescentes da vegetação. A ocorrência do processo de fragmentação pode ser identificada por meio da evolução do Número de Fragmentos (NP) das classes mapeadas (Gráfico 8). Observa-se que houve variação do número de fragmentos em todas as classes relacionadas à cobertura da vegetação nativa.

A análise da métrica NP indica uma dinâmica diferenciada para as três formações vegetais presentes na área estudada. Na Formação Campestre, verifica-se redução em todo o período analisado (1985, 2000, 2015 e 2020). Já para a Formação Florestal, notam-se variações em relação ao número de fragmentos, com redução dos valores entre 1985 e 2000, seguido de aumento entre 2000 e 2015, e redução entre 2015 e 2020. A Formação Savânica evidencia crescimento na quantidade de fragmentos para os anos de 1985, 2000 e 2015, e redução para o ano de 2020.

Já em relação às classes de uso antrópico, observa-se que a interferência das atividades humanas na paisagem se consolidou diante do aumento do número de fragmentos comparando os dados entre 1985 e 2020.

Gráfico 8 – Número de fragmentos (NP) do uso e cobertura na bacia do rio Sobrado



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao correlacionar as informações sobre o número de fragmentos e o somatório da área dos fragmentos (Tabela 9), a bacia do rio Sobrado apresenta maior quantidade de fragmentos com área inferior a 10 hectares para todas as classes de cobertura vegetal. Ao considerar o

somatório da área total dos fragmentos, notou-se que, para todas as formações (Florestal, Campestre e Savânica), esse valor se destaca para os fragmentos com área superior a 100 hectares, indicando a necessidade de ações que visem à sua conservação.

Para a Formação Florestal, os fragmentos com área menor que 10 hectares demonstraram aumento na comparação entre os anos de 1985 e 2020 (15,74%). Observa-se ampliação no número de fragmentos com área maior que 100 hectares (118,18%), bem como diminuição do valor da área total desses fragmentos (37,83%), indicando a fragmentação nessa classe. Já para os fragmentos com área entre 10 e 50 hectares, ocorreu aumento da quantidade de fragmentos (21,65%) e do valor do somatório da área total destes (13,41%).

Tabela 9 – Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na bacia do rio Sobrado

Tamanho do fragmento (ha)	Florestal				Campestre				Savânica			
	1985		2020		1985		2020		1985		2020	
	NP	Área total	NP	Área total	NP	Área total	NP	Área total	NP	Área total	NP	Área total
0 a 10 ha	216	983,97	250	1.142,82	111	533,43	71	322,65	100	407,25	103	393,84
10 a 50 ha	97	2.205,63	118	2.501,46	64	1.351,35	31	700,11	24	493,74	48	1.068,21
50 a 100 ha	17	1.171,35	14	1.081,62	15	1.131,03	09	636,03	07	479,52	06	462,78
> 100 ha	11	38.098,44	24	23.687,19	23	10.873,44	12	5.019,03	06	39.727,71	18	29.694,78
Total	341	42.459,39	406	28.413,09	213	13.889,25	123	6.677,82	137	41.108,22	175	31.619,61

Fonte: Organizada pela autora.

A comparação dos dados referentes à Formação Campestre, no período entre 1985 e 2020, evidenciou diminuição da quantidade de fragmentos (de 213 para 123 fragmentos) e redução da área ocupada para todas as classes. Oliveira e Faria (2021) ressaltam que a Formação Campestre apresenta a predominância da vegetação herbácea e, por isso, características favoráveis ao processo de conversão dessa cobertura para o uso destinado à pastagem ou à agricultura.

A Formação Savânica, entre 1985 e 2020, teve aumento do número de fragmentos para todas as classes avaliadas, com destaque para os fragmentos com área superior a 100 hectares (12 fragmentos), indicando processo de fragmentação e consequente perda de área, pois apresentou redução da área total dos fragmentos.

Os dados mostram a necessidade de priorizar a conservação dos fragmentos que apresentam áreas maiores, pois têm sido os mais afetados com a expansão das atividades

agropecuárias presentes na bacia do rio Sobrado. Silva e Souza (2014) ressaltam que a existência de fragmentos com áreas maiores pode auxiliar no estabelecimento de estratégias de conectividade. Além disso, pode apresentar uma função ecológica e estrutural na paisagem muito significativa (Silva; Longo, 2020).

Nesse sentido, entre as coberturas vegetais presentes na BHRS, a Formação Florestal apresentou maior índice de fragmentação, e esses valores ressaltam a necessidade de manter os fragmentos remanescentes, não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para regular o fluxo dos recursos hídricos da superfície e subterrâneo, minimizar as perdas de partículas do solo, facilitar a infiltração das águas da chuva e recobrir os solos mais suscetíveis ao processo erosivo (Pereira; Venturioli; Carvalho, 2013; Watson *et al.*, 1997).

Ao comparar a área média e a área máxima dos fragmentos, entre 1985 e 2020, verificou-se redução dos valores em todas as classes de cobertura vegetal nativa (Tabela 10). A diminuição dos valores de área média dos fragmentos demonstra ocorrência do processo de fragmentação, fato observado por Pereira *et al.* (2015) e Silva, Moreau e Daltro (2020) em análise desse processo no âmbito de bacias hidrográficas.

Tabela 10 – Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	65,20	0,09	1.373,13	54,29	0,09	1.205,28
Formação Florestal	124,51	0,09	36.065,97	69,98	0,09	15.989,67
Formação Savânica	300,06	0,09	33.821,73	180,68	0,09	21.508,65

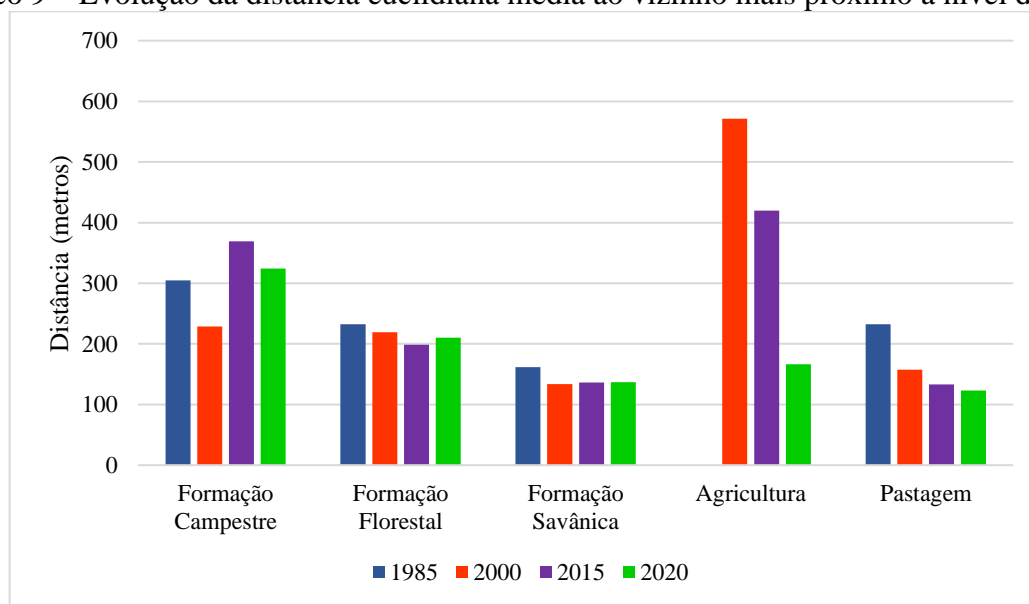
Fonte: Organizada pela autora.

As medidas quantitativas obtidas a partir das métricas da paisagem na área de estudo demonstram que as alterações da estrutura em função das atividades humanas têm promovido o processo de fragmentação dos remanescentes da vegetação nativa, pois têm resultado nos efeitos citados por Fahrig (2003): aumento no número de fragmentos, diminuição do tamanho dos fragmentos e aumento do isolamento dos fragmentos.

A ampliação do processo de fragmentação promove impactos negativos como o aumento do nível de perturbações nesses ambientes (Silva; Souza, 2014). O processo de fragmentação florestal, proveniente das atividades humanas, acarreta diversos prejuízos para a conservação da biodiversidade, aumentando o risco de extinções locais, redução da área de *habitat*, redução de recursos, acentuação do efeito de borda, redução da variabilidade genética, entre outros (Metzger *et al.*, 2019).

Em relação à métrica distância euclidiana média ao vizinho mais próximo em nível de classe, é perceptível aumento da distância média entre os fragmentos, ao considerar a variação ocorrida entre 1985 e 2020 para a Formação Campestre (304,82 m para 324,32 m). Ao analisar o mesmo período para a Formação Florestal (232,44 m para 210,29 m) e a Formação Savânica (161,80 m para 137,10 m), verifica-se que houve redução da distância média entre os fragmentos. Para as classes de uso antrópico (agricultura e pastagem), nota-se diminuição da distância média entre os fragmentos (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Evolução da distância euclidiana média ao vizinho mais próximo a nível de classe



Fonte: Dados da pesquisa.

Almeida (2008) e Calegari *et al.* (2010) consideram que distâncias superiores a 200 metros são classificadas como isolamento muito alto. Assim, os resultados verificados para essa métrica na bacia do rio Sobrado revelam para a Formação Campestre e a Formação Florestal uma distância muito alta entre os fragmentos, demonstrando baixo índice de conectividade entre os remanescentes dessas fitofisionomias. A Formação Savânica, apesar de apresentar nível de alto de isolamento, manteve a distância praticamente constante no período analisado.

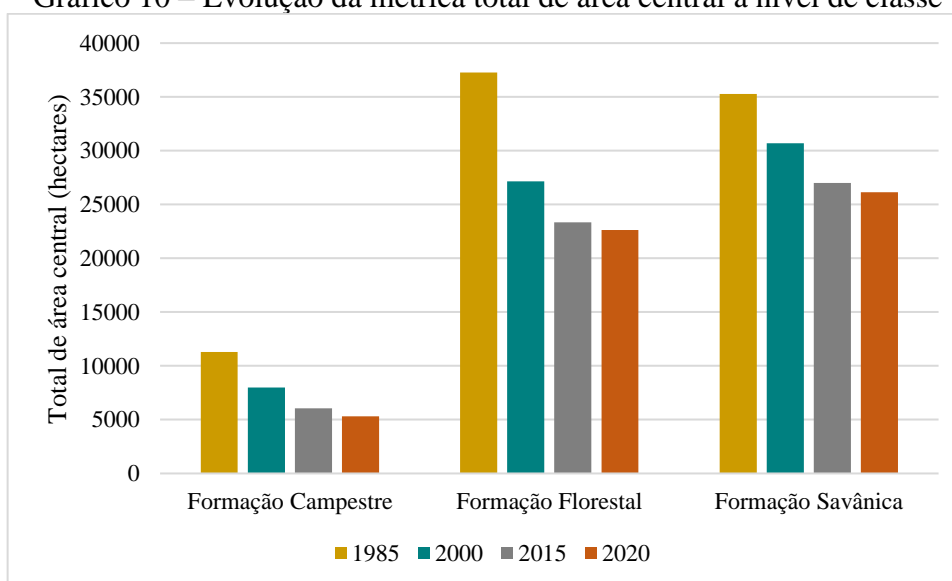
Essa variação das distâncias entre os fragmentos (Gráfico 9) evidencia a necessidade de manutenção dos fragmentos menores, pois podem exercer a função de trampolins ecológicos (*stepping stones*) e servem para auxiliar no deslocamento de espécies presentes nesse ambiente para fragmentos maiores (Forman; Godron, 1986).

O contexto espacial dos fragmentos na paisagem e os tipos de uso e ocupação que proporcionará a separação ou a conexão influencia diretamente no grau de isolamento das

espécies ali presentes (Scariot *et al.*, 2005). Tal fato ressalta a necessidade de implementar estratégias para conservação dos fragmentos remanescentes e ampliação de suas conectividades estruturais, a fim de manter as funções ecológicas prestadas e o fluxo de espécies (Lima; Ferreira; Ferreira, 2020).

A área interior é um dos índices que demonstra melhor a qualidade dos fragmentos (Mcgarigal; Marks, 1995), pois o resultado expresso por meio da métrica TCA (*Total Core Area*) corresponde ao tamanho total das áreas centrais (excluídas as bordas). Foi possível observar que, para Formação Campestre, Formação Savânica e Formação Florestal, houve redução dos valores no período analisado (Gráfico 10).

Gráfico 10 – Evolução da métrica total de área central a nível de classe



Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se que a Formação Florestal foi a que apresentou a maior variação da área central (Gráfico 10). A redução da área central representa diminuição do tamanho real do fragmento, comprometendo a sobrevivência e a organização das espécies, além da manutenção de sua estrutura natural (Pereira *et al.*, 2015).

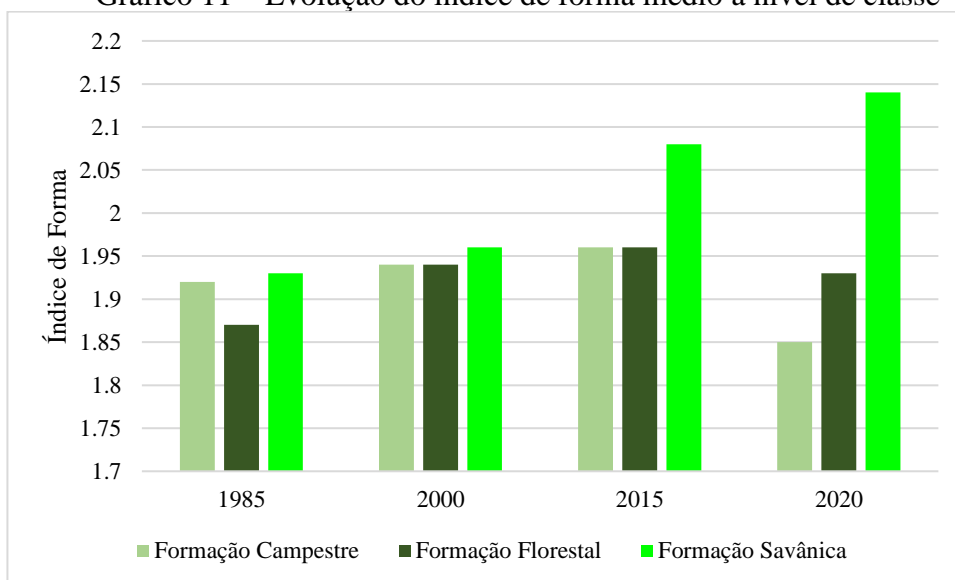
Silva e Longo (2020) salientaram que os fragmentos menores estão mais suscetíveis aos efeitos de borda promovidos pelas atividades antrópicas na área em torno. Já para os fragmentos com áreas maiores, a tendência é de apresentar menores influências das pressões externas, visto que sua área central está mais protegida (Amorim; Sousa; Piroli, 2021).

O índice de forma médio é uma métrica responsável por avaliar a complexidade da forma de um fragmento, se comparado com um formato padrão, representando um índice de valor adimensional (Lang; Blaschke, 2009). Segundo Forman e Godron (1986), diferentes

formas de fragmento podem ser encontradas na paisagem, mas o ideal é que possuam o formato aproximado da forma circular, ou seja, valor mais próximo de 1 (um), pois minimiza os efeitos da relação borda-área e é indicada para a conservação do fragmento (Primack; Rodrigues, 2001).

Os valores do índice de forma para as classes de vegetação nativa comparados entre o período de 1985 e ano de 2020 apresentaram-se superiores a 1,8 (Gráfico 11), indicando baixa circularidade dos fragmentos. Para as Formações Campestre e Florestal, ocorreu aumento entre 1985 e 2015, e redução para o de 2020. Já para a Formação Savânica, houve ampliação do índice de forma, equivalente a 2,14 no ano de 2020. Isso evidencia a irregularidade na forma do fragmento, o que o torna mais suscetível ao efeito de borda (Lang; Blaschke, 2009).

Gráfico 11 – Evolução do índice de forma médio a nível de classe



Fonte: Dados da pesquisa.

A fim de complementar os resultados oferecidos pelas métricas relacionadas à classe para as Formações Campestre, Florestal e Savânica, realizou-se uma análise semelhante observada por Amorim, Sousa e Piroli (2021), a partir da correlação entre as métricas calculadas para o ano de 2020 (Tabela 11), em que os valores próximos a +1 indicam correlação forte e positiva, em contrapartida, valores próximos a -1 indicam correlação forte e negativa (inversamente proporcionais).

Tabela 11 – Correlação entre as métricas das formações vegetais para o ano de 2020 da BHRS

Correlação	CA	PLAND	NP	ENN_MN	Shape-MN	TCA
CA	1	1	0,55	-0,96	0,79	1
PLAND	1	1	0,55	-0,96	0,79	1
NP	0,55	0,55	1	-0,29	-0,08	0,51
ENN	-0,96	-0,96	-0,29	1	0,93	-0,97
Shape_MN	0,79	0,79	-0,08	0,93	1	0,83
TCA	1	1	0,51	-0,97	0,83	1

Fonte: Dados da pesquisa. Legenda: CA: Área da Classe; PLAND: Porcentagem de fragmentos da classe; NP: Número de Fragmentos; ENN: Distância euclidiana média do vizinho mais próximo; Shape_MN: Índice de forma médio; TCA: Total de área central.

Quanto à métrica de área CA, observa-se correlação positiva e forte com o índice de forma e a área interior, evidenciando que alterações na área de um fragmento refletem na quantidade de área interior disponível e no formato do fragmento, podendo apresentar tendência à irregularidade. Entretanto, em relação à métrica distância euclidiana média do vizinho mais próximo, demonstra que modificações na área do fragmento não possui influência sobre a sua conectividade estrutural.

Já a métrica NP demonstra correlação mediana com a métrica CA, PLAND e área interior, tendo em vista que alterações da área de um fragmento apresentam tendência positiva para aumentar o número de fragmentos no mosaico de uma paisagem.

A métrica distância euclidiana ao vizinho mais próximo tem correlação positiva e forte com o índice de forma, o que indica que alterações de origem antrópica ou natural podem isolar ou conectar os fragmentos (Forman; Godron, 1986), e isso pode influenciar, direta ou indiretamente, em seu formato.

Os valores do índice de forma médio e área interior apresentaram correlação de 0,83 para o ano de 2020, indicando uma relação positiva e forte, demonstrando que alterações na área do fragmento têm influência direta em sua forma, principalmente para fragmentos com áreas maiores, fato observado por Amorim, Sousa e Piroli (2021), Fernandes e Fernandes (2017) e Pirovani *et al.* (2014).

As modificações de uso e cobertura do solo trazem consigo novas configurações à paisagem e, como consequência, diversos impactos que induzem ao desequilíbrio dos serviços ambientais e à disponibilidade de recursos mínimos à manutenção de sobrevivência das espécies (Fernandes; Fernandes, 2017).

Alterações no formato e na dimensão dos fragmentos, grau de isolamento e aumento das influências do efeito de borda representam evidências importantes para implementar áreas

legalmente protegidas e manter qualidade e condições mínimas dos fragmentos e suas funções ecológicas (Fernandes *et al.*, 2022).

A BHRS localiza-se no bioma Cerrado conhecido como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (Klink; Machado, 2005). O Cerrado é o bioma que mais vem sofrendo alterações devido à expansão da ocupação humana. Dados recentes do Projeto MapBiomas apresentam o avanço das atividades agropecuárias sobre as áreas de vegetação nativa no Brasil, chegando a ocupar 50,58% da área do bioma Cerrado (Projeto MapBiomas, 2022).

É relevante citar que as áreas legalmente protegidas representam 8,3% da área do bioma Cerrado (MMA, 2024; Vieira *et al.*, 2017), e apenas 3% constituem unidades de conservação de proteção integral (Françoso *et al.*, 2015), reforçando a necessidade de implementação de novas áreas de conservação dos recursos naturais tão importantes para a manutenção da biodiversidade e dos recursos ecossistêmicos.

Dados do CECAV (2023) referentes ao contexto nacional mostram que apenas 33% (7.750 cavernas) estão localizadas dentro de unidades de conservação, e desse total 56% (4.368 cavernas) estão distribuídas em unidades de uso sustentável, e 44% (3.382 cavernas) em unidades de proteção integral. A região de abrangência da BHRS ainda não foi contemplada por nenhuma categoria de unidade de conservação, porém o município de Aurora do Tocantins já apresenta uma Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN), Aurora Natura (Figura 44), que compreende uma área de 15 hectares (Dornas *et al.*, 2022).

Figura 44 – Entrada da RPPN Aurora Natura localizada em Aurora do Tocantins



Fonte: Autora (2023).

É importante salientar que há um projeto para a implantação do Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pirineus que engloba a região sudeste do Tocantins juntamente com a parte

nordeste de Goiás e áreas do Distrito Federal, incluindo grande parte do Vale do rio Paranã e as nascentes dos rios Almas e Corumbá, formadores das bacias dos rios Tocantins e Paranã. O objetivo é conservar a biodiversidade em remanescentes do Cerrado em áreas definidas como prioritárias para a conservação (IBAMA, 2005; Ribeiro *et al.*, 2007).

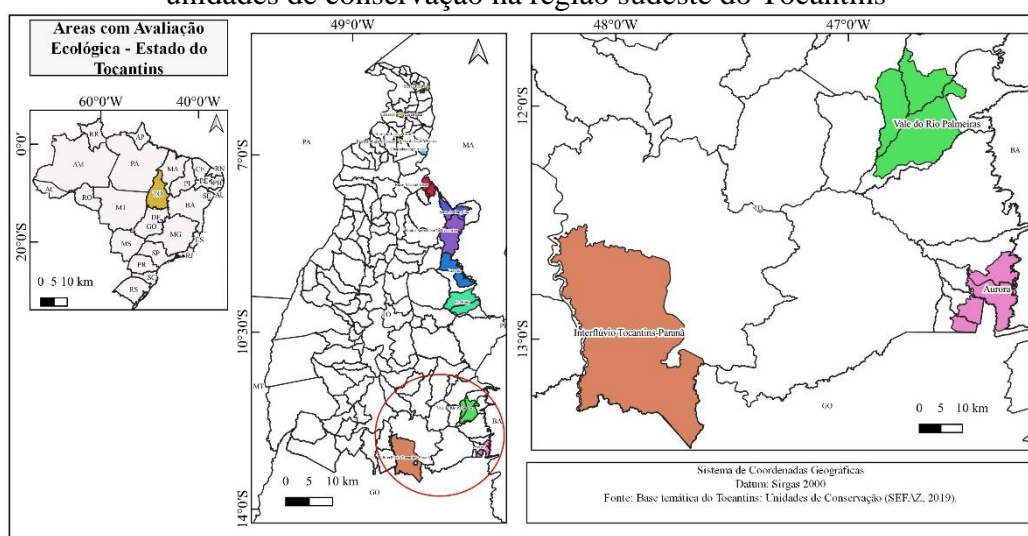
Na esfera estadual, duas áreas foram indicadas para proposição de novas unidades de conservação na região sudeste do estado do Tocantins: Parque Estadual Águas de Paranã e Região do Vale do rio Palmeira (Figura 45).

O Parque Estadual Águas de Paranã inclui em seu planejamento a proteção da região de mais alto relevo do estado, áreas remanescentes de Cerrado Rupestre e o divisor de águas na fronteira dos estados de Tocantins e Goiás (Gonçalves; Araújo; Costa, 2022).

A Região do Vale do rio Palmeira é uma proposta criada com o intuito de contribuir para a proteção de uma importante bacia hidrográfica entre os rios Palmeiras, ribeirão do Inferno e ribeirão do Salto e os remanescentes de florestas estacionais semidecíduas e decíduas (Mata Seca) associadas aos Cerrados típicos e afloramento de rochas carbonáticas (Dornas *et al.*, 2022; Gonçalves; Araújo; Costa, 2022).

Além dessas áreas, estudos indicaram, entre as áreas com avaliação ecológica, a necessidade da criação do Parque Estadual de Aurora (Figura 45), com intuito de proteger Matas Secas e áreas com paisagens cársticas envolvendo os limites dos municípios de Aurora do Tocantins, Lavandeira, Combinado e Novo Alegre (Dornas *et al.*, 2022; Olmos *et al.*, 2005; SEPLAN, 2012).

Figura 45 – Localização das áreas com avaliação ecológica para implantação de novas unidades de conservação na região sudeste do Tocantins

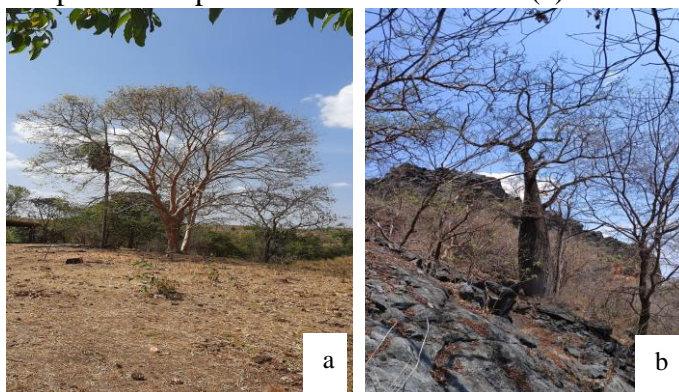


Fonte: SEFAZ (2019).

Na área de estudo, está presente a fitofisionomia Floresta Estacional Decidual, também conhecida como Mata Seca. De acordo com Bianchi e Haig (2013), essa Formação Florestal é considerada uma das mais significativas do bioma Cerrado e está ameaçada pela intensa conversão de terras para pastagens e agricultura. Esse tipo de vegetação abriga uma rica fauna, que compreende várias espécies endêmicas e, frequentemente, está associado aos afloramentos de rochas carbonáticas (Pereira; Venturoli; Carvalho, 2011).

Algumas espécies arbóreas apresentam distribuição restrita no Brasil, contemplando a região sudeste do Tocantins, e estando associadas à ocorrência das Florestas Estacionais Deciduais, como: *Cyrtocarpa caatingae*, *Aspidosperma pyriformium*, *Jatropha molíssima*, *Cavanilesia arborea*, *Commiphora leptophloeos*, *Piranhea securinega*, *Ptilochaeta bahiensis*, *Ficus rupicula*, *Jacaratia sp.1*, *Trigynaea oblongifolia* (SEPLAN, 2013). A Figura 46 apresenta exemplos de duas espécies arbóreas identificadas no trabalho de campo na abrangência da BHRS, a Imburana (*Commiphora leptophloeos*) e a Barriguda (*Cavanilesia arborea*).

Figura 46 – Exemplos das espécies arbóreas Imburana (a) e a Barriguda (b) na BHRS



Fonte: Autora (2023).

Carvalho Júnior *et al.* (2006) afirmam que as Matas Secas estão associadas ao afloramento de rochas carbonáticas e que a preservação é fundamental para o suprimento de energia para a fauna subterrânea e para o equilíbrio sistêmico das áreas cársticas (Figura 47).

A conservação da vegetação contribui para a estabilidade dos ambientes subterrâneos, pois é a base fundamental para o abastecimento alimentar da fauna cavernícola, que, em sua maioria, depende da movimentação de animais do ambiente externo, do vento e da gravidade, além disso, auxilia no controle das condições do microclima, retém água e previne processos erosivos (Cardoso; Ferreira; Souza-Silva, 2021; Sanguinetto; Daniel; Ferreira, 2018).

Figura 47 – Presença das Matas Secas na abrangência da BHRS



Fonte: Autora (2022).

Alterações humanas em paisagens cársticas representam uma ameaça à biodiversidade subterrânea, tendo em vista que as espécies (fauna e flora) apresentam elevada fragilidade às modificações das condições ambientais e geralmente possuem populações pequenas e com baixa resiliência, o que pode corroborar para mudanças severas nessas comunidades (Bichuette, 2021; Pellegrini *et al.*, 2016).

A dependência das comunidades cavernícolas pelos nutrientes oferecidos pela vegetação presente na paisagem, bem como ao redor das cavernas pode comprometer a biodiversidade (Pellegrini *et al.*, 2016).

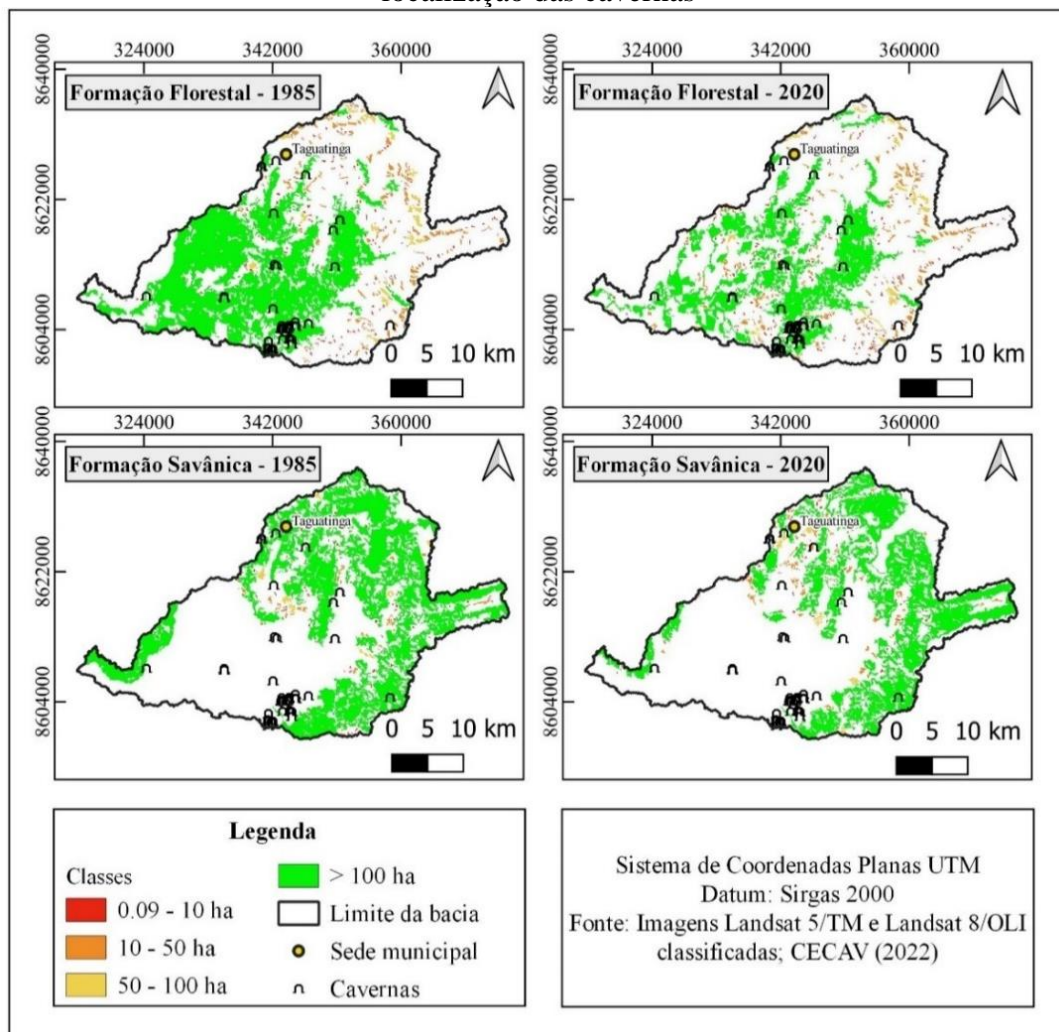
A partir disso, observou-se que o avanço das áreas de pastagem proporcionou a transformação da paisagem na bacia do rio Sobrado e, por sua vez, nas áreas próximas onde estão localizadas as feições cársticas, com destaque para aquelas que possuem visibilidade como os maciços de afloramento de rochas carbonáticas e as cavernas. Como a vegetação nas proximidades das cavernas é composta predominantemente por Formação Florestal e Savânica, elaborou-se um mapa de evolução dos fragmentos por tamanho (considerando o valor da área) em sobreposição à localização das cavernas para os anos de 1985 e 2020 (Figura 48).

A partir do mapa de fragmentos da Formação Florestal (Figura 48), constatou-se que, em 1985, havia fragmentos com área superior a 100 hectares nas áreas no entorno das cavernas. No decorrer dos anos analisados, ocorreu a fragmentação dessa classe de vegetação, corroborada pela modificação do tamanho dos fragmentos próximos às cavernas, variando entre as classes de 10 a 50 hectares e de 50 a 100 hectares, e a ocupação dessas áreas pela classe pastagem.

Convém ressaltar que, para a Formação Savânica, o mapa indica aumento do número de fragmentos na área de estudo (Figura 48). Ao sobrepor a localização das cavernas, foi possível observar que o tamanho da área dos fragmentos no entorno destas foi reduzido no período analisado. Isso demonstra a necessidade implementar unidades de conservação, a fim preservar

os fragmentos remanescentes, haja vista a importância para a manutenção dos serviços ecossistêmicos nessa área de notável fragilidade ambiental.

Figura 48 – Mapa de evolução dos fragmentos por tamanho (área) e sobreposição com a localização das cavernas



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

As modificações na cobertura vegetal da superfície podem afetar o ambiente subterrâneo, pois as comunidades cavernícolas são compostas por diferentes espécies e, em sua maioria, apresentam dependência do ecossistema da superfície para obter recursos alimentares e manter toda essa comunidade (Schneider; Christman; Fagan, 2011).

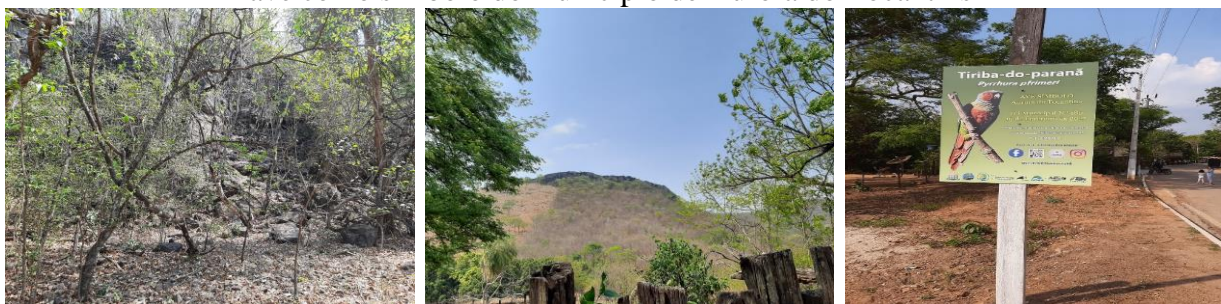
As cavernas apresentam papel relevante para o equilíbrio dos ecossistemas em que estão inseridas, pois impactos ambientais resultantes de fatores naturais ou antrópicos em sua área de ocorrência podem causar sérios danos. Tais ambientes tornam-se altamente suscetíveis aos impactos, principalmente no que concerne à intensidade destes, tendo em vista que reduzem a

capacidade de reestruturação das comunidades cavernícolas, inclusive levando à extinção de espécies (Ferreira, 2013).

Estudos sobre a biodiversidade na região onde se localiza a BHRS demonstram a presença de espécies da fauna endêmicas, como o periquito tiriba-do-paraná, *Pyrrhura pfrimeri* (Dornas *et al.*, 2022), com ocorrência em áreas da região nordeste de Goiás e sudeste do Tocantins, em ambientes de Mata Seca da bacia do rio Paranã (Dornas *et al.*, 2016).

A supressão da cobertura vegetal tem provocado a perda de *habitat* dessa espécie (Figura 49), implicando em uma drástica redução populacional da espécie, com diminuição de cerca de 700 mil indivíduos em períodos anteriores a década de 1970, para cerca de 15 mil indivíduos para o ano de 2020, atribuindo a espécie a categoria “em perigo de extinção”, conforme critérios definidos pelo MMA e União Internacional para a Conservação da Natureza (Dornas *et al.*, 2022). O periquito tiriba-do-paraná foi considerada ave símbolo do município de Aurora do Tocantins por meio da Lei municipal nº 189, de 19 de fevereiro de 2021 (Figura 49).

Figura 49 – Exemplo da área de *habitat* do tiriba-do-paraná na BHRS e placa divulgando a ave como símbolo do município de Aurora do Tocantins



Fonte: Autora (2022).

Outro exemplo se refere ao mocó do Cerrado, *Kerodon acrobata*, um roedor herbívoro, que utiliza as fendas em afloramentos calcários como abrigo. Sua fonte de nutrientes está baseada em folhas e cactos (Figura 50). Sua distribuição ocorre nos ambientes de Mata Seca associada à presença de afloramento calcário entre o sudeste do Tocantins e nordeste de Goiás (Moojen; Locks; Langguth, 1997).

Figura 50 – Exemplos da área de *habitat* do mocó do Cerrado na BHRS



Fonte: Autora (2022).

No caso das plantas, o arbusto *Diplusodon gracilis* apresenta registro apenas no estado do Tocantins, nos municípios de Dianópolis, Rio da Conceição e Taguatinga. Essa espécie aparece na lista contemplada pelo “Plano de Ação Territorial para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção do Território Cerrado Tocantins”, que estabelece ações prioritárias de conservação, e está indicada na categoria “ criticamente em Perigo” de extinção (NATURATINS, 2020).

O *Diplusodon* é o segundo maior gênero de *Lythraceae*, com 103 espécies de arbustos ou subarbustos endêmicos do bioma Cerrado. Muitas espécies estão associadas à vegetação da fitofisionomia Cerrado Rupestre, enquanto outras, em menor número, podem estar associadas às Matas de Galerias ou nas margens das Florestas Estacionais Deciduais (Inglis; Cavalcanti, 2018). Entretanto, muitas espécies de *Diplusodon* estão ameaçadas devido à sua distribuição restrita e à substituição da vegetação nativa do Cerrado por atividades agrícolas e de pastagem (Cavalcanti, 2021).

Já em relação à biodiversidade associada às cavernas, Zampaulo e Ferreira (2009) realizaram estudos em nove cavernas da região de Aurora do Tocantins e identificaram 6.972 invertebrados, distribuídos em 267 morfoespécies, sendo esse número pertencente a pelo menos 87 famílias. Zampaulo e Simões (2022) apresentaram uma lista de espécies da fauna cavernícola do país. Nesse levantamento, foram citadas onze espécies para o estado do Tocantins, e, no município de Aurora do Tocantins, foram identificadas três espécies, sendo uma delas troglóbio, *Oxarthrius aurora*, e mais, *Neoteneriffiola xerophila* e a *Neotroglia aurora*.

Felix *et al.* (2016) relataram o primeiro registro da espécie de morcego *G. sylvestris* no bioma Cerrado, mais especificamente na região sudeste do Tocantins. E identificaram 30 espécies, desse total, incluem-se sete novas ocorrências de espécies de morcego nessa região.

No inventário realizado em dezenove cavernas da região sudeste do Tocantins, os pesquisadores conseguiram identificar 31 espécies de morcegos, pertencentes a sete famílias, além de três novos registros regionais. Desse total de espécies identificadas, quatro estão

ameaçadas de extinção, em âmbito global, sendo elas: *Lonchophylla dekeyseri*, *F. horrens*, *Lonchorhina aurita* e *Natalus macrourus*. E o registro das três novas ocorrência correspondem às espécies: *Natalus macrourus*, *Macrophyllum macrophyllum* e *Myotis lavalii* (Barros; Bernard; Ferreira, 2021).

O estudo realizado por Barros, Bernard e Ferreira (2021) documentou 39 espécies para as cavernas localizadas no município de Aurora do Tocantins, considerando informações de estudos anteriores realizado por Felix *et al.* (2016), assim totalizaram juntos o conhecimento de pelo menos 42 espécies de morcegos nessa região.

As cavernas Gruta do Moura e Gruta do Melado, localizadas no município de Aurora do Tocantins, abrigam duas espécies ameaçadas de extinção: *Furipterus horrens* e *Natalus macrourus*, ambas caracterizadas como vulnerável em âmbito global (IUCN, 2023). Na Gruta dos Moura (Figura 51), foram registradas 26 espécies, e esse número pode representar posição de destaque entre as cavernas já estudadas mundialmente, por conter uma riqueza de espécies, e está situada na abrangência da bacia do rio Sobrado (Barros; Bernard; Ferreira, 2021).

Figura 51 – Vista da paisagem no entorno do maciço de afloramento de rochas carbonáticas onde se localiza a Gruta dos Moura – Aurora Tocantins



Fonte: Autora (2022).

A região revela potencial para abrigar uma diversidade de espécies de morcego, e a necessidade de implantar ações de preservação diante da indicação pelo estudo realizado por Barros, Bernard e Ferreira (2021) da importância ecológica desses animais para manutenção do suprimento de alimentos para a fauna cavernícola e da cobertura vegetal no entorno das cavernas para manutenção da estabilidade climática e de alimentos para esses animais.

Nota-se que os resultados das pesquisas indicam que a região sudeste do Tocantins apresenta uma biodiversidade importante tanto para o ecossistema superficial, quanto para aqueles compreendidos nas cavernas que se encontram em conexão direta para o equilíbrio do ecossistema e dependentes da presença de vegetação. E algumas das cavernas estudadas estão

situadas na bacia do rio Sobrado, o que chama a atenção para a necessidade de conservação desse patrimônio.

Nesse sentido, as informações oferecidas pelas métricas na paisagem da bacia do rio Sobrado apontam para a necessidade de conservação dos fragmentos remanescentes, a fim de manter as funções ecossistêmicas essenciais, bem como o equilíbrio sistêmico do carste e do ecossistema subterrâneo que possui um importante relacionamento ecológico com a superfície (Canedoli *et al.*, 2022). Para tanto, são necessárias ações legais de proteção como a criação de unidades de conservação, sobretudo de proteção integral.

7 IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOBRADO

Este item compreendeu a identificação das unidades geológicas da paisagem da bacia do rio Sobrado, considerando os aspectos físicos e antrópicos analisados e descritos em itens anteriores. A metodologia aplicada para delimitação das unidades da paisagem pautou-se na combinação dos dados referentes à geomorfologia, à declividade e à hipsometria, originando o primeiro nível, que resultou, após edições, em 16 unidades (Quadro 13).

Quadro 13 – Unidades da paisagem delimitadas a partir dos dados de geomorfologia

Código	Nome da unidade compartimentada	Código	Nome da unidade compartimentada
DcInMed	Dc intermediário média	KdSuBai	Kd suave baixa
DcMovMed	Dc movimentado média	KdSuMed	Kd suave média
DEcInMed	DEc intermediário média	PgiInMed	Pgi intermediário média
DEcSuAl	DEc suave alta	PgiMovMed	Pgi movimentado média
DtSuBai	Dt suave baixa	PgiSuAl	Pgi suave alta
KcInMed	Kc intermediário média	PriInBai	Pri intermediário baixa
KcSuBai	Kc suave baixa	PriSuAl	Pri suave alta
KcSuMed	Kc suave média	PriSuMed	Pri suave média

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Dc: Homogênea convexa; DEc: Estrutural convexa; Dt: Homogênea tabular; Kc: Carste coberto; Kd: Carste descoberto; Pgi: Pediplano degradado inumado; Pri: Pediplano retocado inumado.

O critério utilizado para denominação das unidades geológicas da paisagem pautou-se na sigla determinada pelo IBGE para nomear as categorias geomorfológicas identificadas na área de estudo, seguida da classe referente à declividade e, por último, a classe determinada para hipsometria.

A delimitação das unidades geológicas da paisagem, tratando-se do segundo nível de combinação dos dados referentes à geologia e aos solos, resultou em 15 unidades (Quadro 14).

Quadro 14 – Unidades da paisagem delimitada a partir dos dados de geologia e solos

Código	Nome da unidade compartimentada	Código	Nome da unidade compartimentada
CDLC	CDL Cambissolo	PNo	Paraopeba Neossolo
CDLL	CDL Latossolo	PNt	Paraopeba Nitossolo
CDLNo	CDL Neossolo	SA	Sete Afloramento
CDLNt	CDL Nitossolo	SC	Sete Cambissolo
PA	Paraopeba Afloramento	SG	Sete Gleissolo
PC	Paraopeba Cambissolo	SN	Sete Neossolo
PL	Paraopeba Latossolo	UL	Urucúia Latossolo
Uno	Urucúia Neossolo	-	-

Fonte: Dados da pesquisa. Legenda: CDL: Cobertura Detrito-Laterítica; Sete: Formação Sete Lagoas.

A sobreposição das informações do primeiro e do segundo nível da combinação resultou no mapa das unidades geoecológicas da paisagem, em que a Formação Paraopeba e Formação Sete Lagoas foram unificadas, gerando a classe Grupo Bambuí, e obtiveram-se 37 unidades geoecológicas da paisagem (Quadro 15), traduzindo uma heterogeneidade da paisagem (Figura 52).

As unidades foram nomeadas considerando os dados de relevo (modelado geomorfológico, declividade e hipsometria), seguidos das características referentes à geologia e aos solos. Às unidades com dados de relevo semelhantes, diferenciando-se apenas da geologia e/ou tipos de solos, adicionou-se uma identificação textual (a, b, c). E, para as unidades geoecológicas com repetição, acrescentou-se o símbolo *underline* e mais um algarismo arábico.

Quadro 15 – Apresentação das unidades geocológicas da paisagem da bacia hidrográfica do rio Sobrado

Nome da unidade geocológica	Nº da unidade geocológica	Descrição geral das unidades geocológicas
DEc Intermediário Média Urucuia Neossolo	1	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Estrutural Convexa. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
DEc Suave Alta Urucuia Neossolo	2	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Estrutural Convexa. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 800 e 934 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Dc Intermediário Média Urucuia Neossolo	3	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Convexa. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Dc Movimentado Média Urucuia Neossolo	4	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Convexa. Apresenta relevo com declive acima de 45% e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Dt Suave Baixa Bambuí Cambissolo	5	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Tabular. Apresenta relevo como variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Cambissolo.
Dt Suave Baixa Bambuí Latossolo	5a	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Tabular. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Latossolo.
Dt Suave Baixa Bambuí Neossolo	5b	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Tabular. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Dt Suave Baixa CDL Latossolo	5c	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Homogênea Tabular. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Latossolo.
Kc Intermediário Média Urucuia Neossolo	6	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Coberto. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Kc Suave Baixa Bambuí Neossolo	7	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Coberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Kc Suave Média Bambuí Neossolo	8	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Coberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.

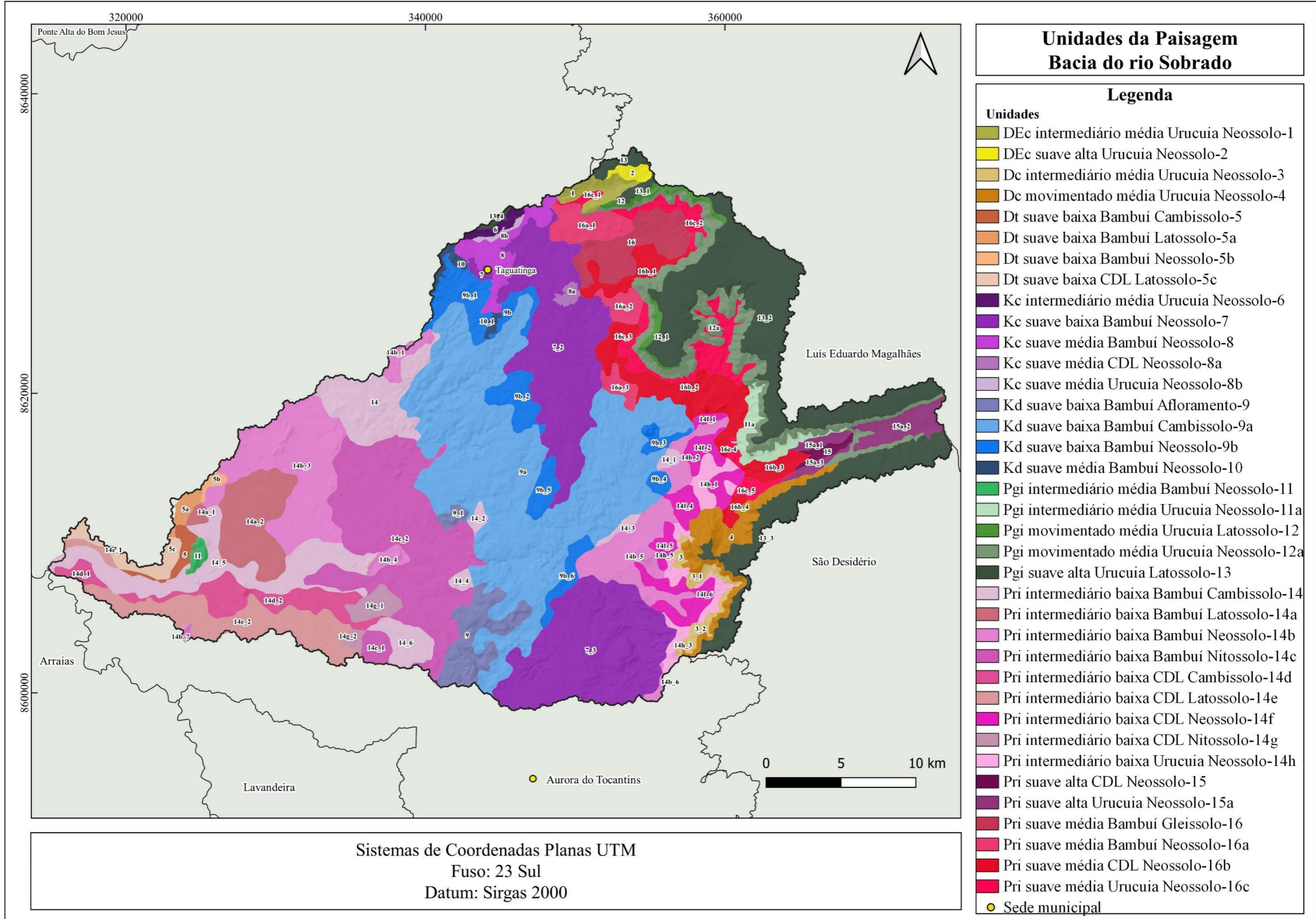
Nome da unidade geocológica	Nº da unidade geocológica	Descrição geral das unidades geocológicas
Kc Suave Média CDL Neossolo	8a	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Coberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Neossolo.
Kc Suave Média Urucuia Neossolo	8b	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Coberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento	9	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Descoberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e afloramento de rochas.
Kd Suave Baixa Bambuí Cambissolo	9a	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Descoberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Cambissolo.
Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo	9b	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Descoberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Kd Suave Média Bambuí Neossolo	10	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Carste Descoberto. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Pgi Intermediário Média Bambuí Neossolo	11	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Degradado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Pgi Intermediário Média Urucuia Neossolo	11a	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Degradado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Pgi Movimentado Média Urucuia Latossolo	12	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Degradado Inumado. Apresenta relevo com declive acima de 45% e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Latossolo.
Pgi Movimentado Média Urucuia Neossolo	12a	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Degradado Inumado. Apresenta relevo com declive acima de 45% e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Pgi Suave Alta Urucuia Latossolo	13	Unidade da paisagem caracterizada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Degradado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 800 e 934 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Latossolo.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo	14	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Cambissolo.

Nome da unidade geocológica	Nº da unidade geocológica	Descrição geral das unidades geocológicas
Pri Intermediário Baixa Bambuí Latossolo	14a	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Latossolo.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo	14b	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo	14c	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Nitossolo.
Pri Intermediário Baixa CDL Cambissolo	14d	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Cambissolo.
Pri Intermediário Baixa CDL Latossolo	14e	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Latossolo.
Pri Intermediário Baixa CDL Neossolo	14f	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Neossolo.
Pri Intermediário Baixa CDL Nitossolo	14g	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Nitossolo.
Pri Intermediário Baixa Urucuia Neossolo	14h	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 20 e 45% de declive e altitude entre 363,77 e 600 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Pri Suave Alta CDL Neossolo	15	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 800 e 934 metros. Há a presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Neossolo.
Pri Suave Alta Urucuia Neossolo	15a	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 800 e 934 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.
Pri Suave Média Bambuí Gleissolo	16	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Gleissolo.
Pri Suave Média Bambuí Neossolo	16a	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Bambuí e solo do tipo Neossolo.

Nome da unidade geocológica	Nº da unidade geocológica	Descrição geral das unidades geocológicas
Pri Suave Média CDL Neossolo	16b	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença de Cobertura Detrito-Laterítica e solo do tipo Neossolo.
Pri Suave Média Urucuia Neossolo	16c	Unidade da paisagem representada por unidade de modelado geomorfológico, Pediplano Retocado Inumado. Apresenta relevo com variação entre 0 e 20% de declive e altitude entre 600 e 800 metros. Há presença do Grupo Urucuia e solo do tipo Neossolo.

Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 52 - Mapa das unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado

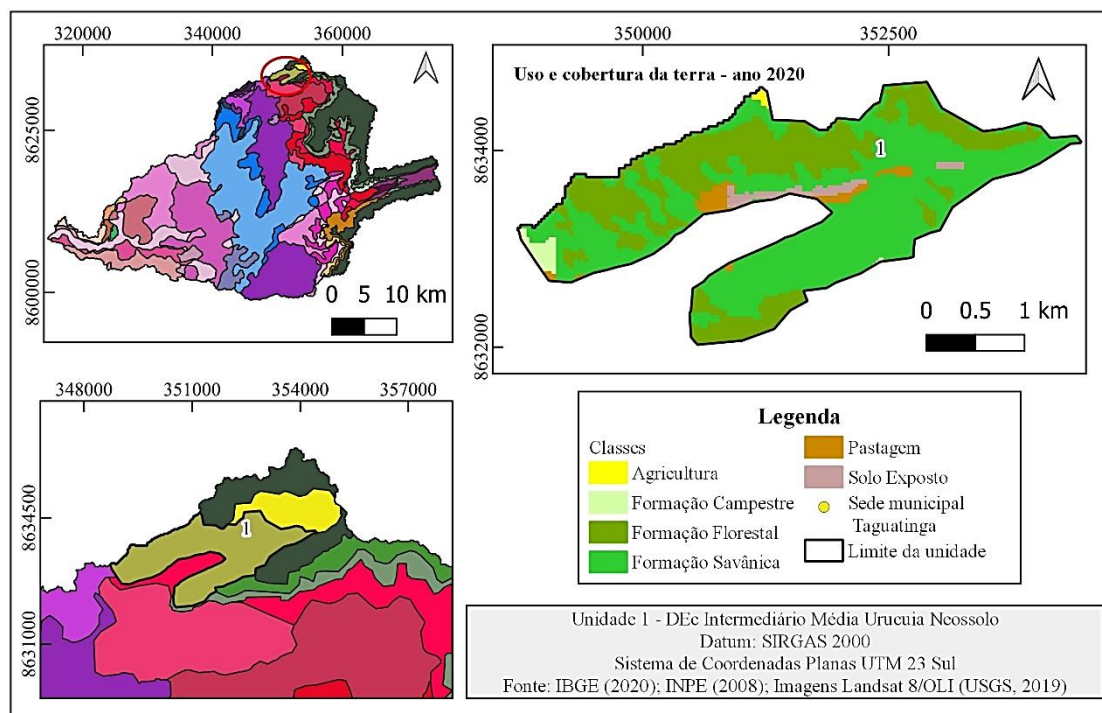


7.1 Descrição das unidades geocológicas da paisagem da bacia do rio Sobrado

7.1.1 Unidade 1 – DEc Intermediário Média Urucuia Neossolo

A unidade geocológica 1 é caracterizada por dissecação fluvial, marcada por evidente controle estrutural, com ocorrência de formas de topo convexo (Figura 53). É caracterizada por vales bem definidos e vertentes de declividade variada, entalhada por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem. Nela predomina altitude média, variando entre 600 e 800 metros, e declividade intermediária entre 20 e 45%. Sua área é de 6,400 km² (0,58%). A formação geológica é o Grupo Urucuia, constituído por arenitos e associado ao Neossolo, considerado solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações ao uso agrícola. A combinação entre declividade intermediária e do Neossolo representa para unidade um nível de fragilidade potencial muito forte, diante da suscetibilidade a processos erosivos. Quanto ao uso e à cobertura da terra, foi possível visualizar a predominância das coberturas vegetais referentes às Formações Campestre, Florestal e Savânica, que juntas somam 95% de ocupação nessa unidade, fator que pode minimizar a atuação de processos erosivos, além da presença de pastagem (3%) e do solo exposto (2%) referente a trechos da rodovia BR-242.

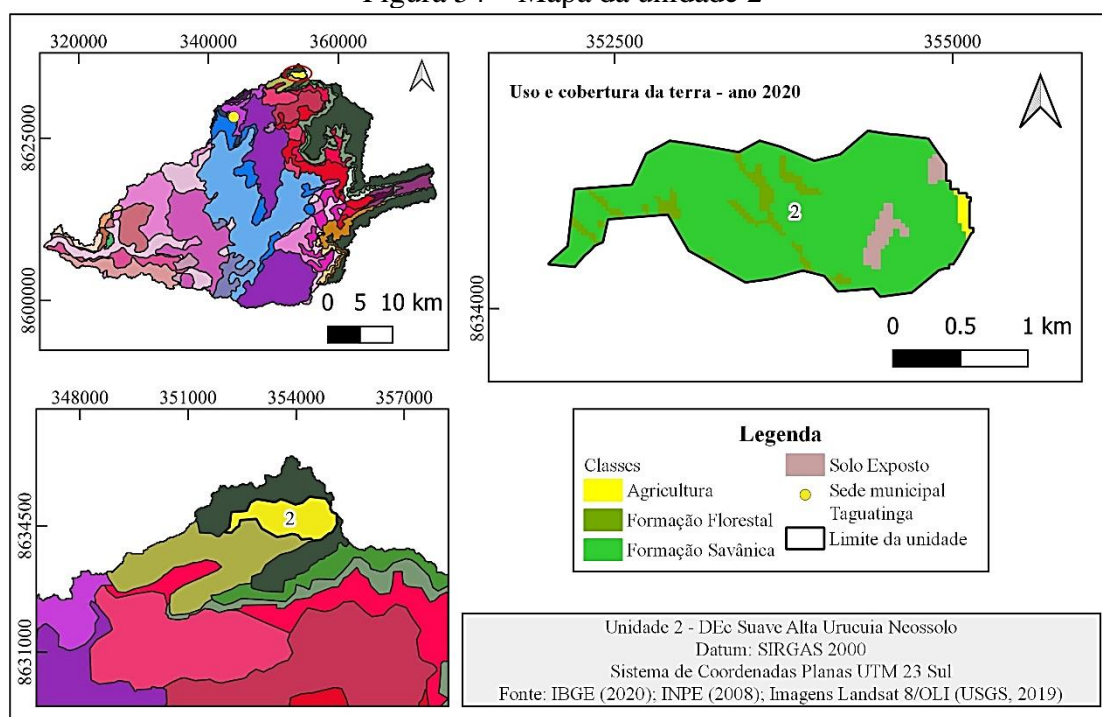
Figura 53 – Mapa da unidade 1



7.1.2 Unidade 2 – DEc Suave Alta Urucua Neossolo

A unidade geocológica 2 é constituída pela presença da dissecação fluvial, caracterizada por controle estrutural marcante e ocorrência da forma de topo convexo (Figura 54). É caracterizada por vales bem definidos e vertentes de declividade variada, entalhada por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem. Diferencia-se da unidade 1 devido à declividade que varia entre 0 e 20%, a altitude é alta (800-934 metros). Sua área é de 2,379 km² (0,22%). A formação geológica é o Grupo Urucua, formado por arenitos com predominância do Neossolo, que apresenta um nível alto de suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Observa-se a predominância da cobertura vegetal referente à Formação Savânica (86%), que, mesmo apresentando vegetação menos densa, favorece a proteção do solo, Formação Florestal (9%), solo exposto (4%) e agricultura (1%). A declividade suave proporciona desenvolvimento de atividades humanas como a pecuária, porém o tipo de solo jovem e pouco desenvolvido apresenta limitações para o uso agrícola.

Figura 54 – Mapa da unidade 2



7.1.3 Unidade 3 – Dc Intermediário Média Urucua Neossolo

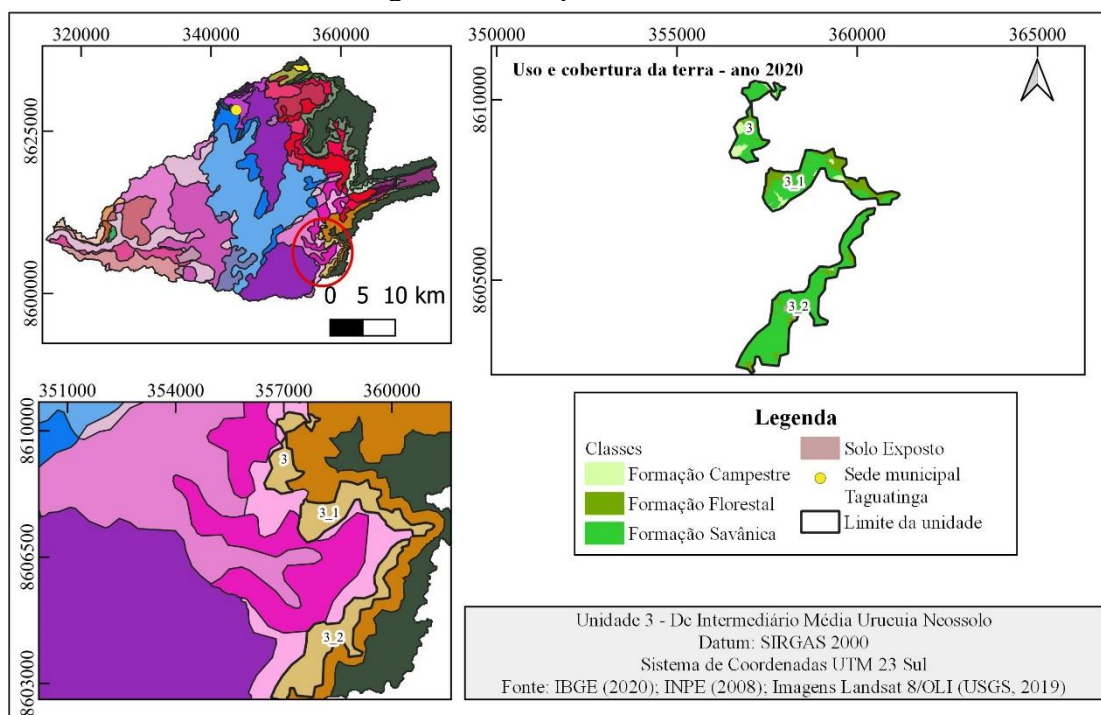
A unidade geocológica 3 é constituída por dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural marcante. A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, a

altitude é média, entre 600 e 800 metros (Figura 55). Geologicamente, está presente o Grupo Urucuaia, formado por arenitos, associado ao Neossolo, considerado solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações ao uso agrícola. Quanto ao uso e à cobertura da terra, verifica-se, na ocorrência das três unidades, a predominância da cobertura vegetal, representada pelas Formações Campestre, Florestal e Savânica, bem como ausência de classes referentes às atividades humanas.

A unidade 3 possui área de 1,212 km² (0,11%) e a presença de Formação Savânica (62%), Formação Florestal (13%) e Formação Campestre (25%). A unidade 3_1 possui área de 2,325 km² (0,21%), ocupada por Formação Savânica (62%), Formação Florestal (13%) e Formação Campestre (25%). A unidade 3_2 possui área de 3,199 km² (0,29%), com presença de Formação Savânica (83%), Formação Florestal (15%), Formação Campestre (1%) e solo exposto (1%).

A combinação dos fatores de declividade e tipo de solo conferem maior nível de fragilidade ambiental à paisagem, principalmente por estar situada na área de escarpa da Serra Geral, devido à alta suscetibilidade desse ambiente a processos erosivos e gravitacionais. Estão presentes alguns cursos d'água de primeira e segunda ordem. Na unidade 3_2, estão localizados um atrativo turístico, a cidade dos totens, e uma caverna cadastrada pelo CECAV, denominada Abrigo do Libarro.

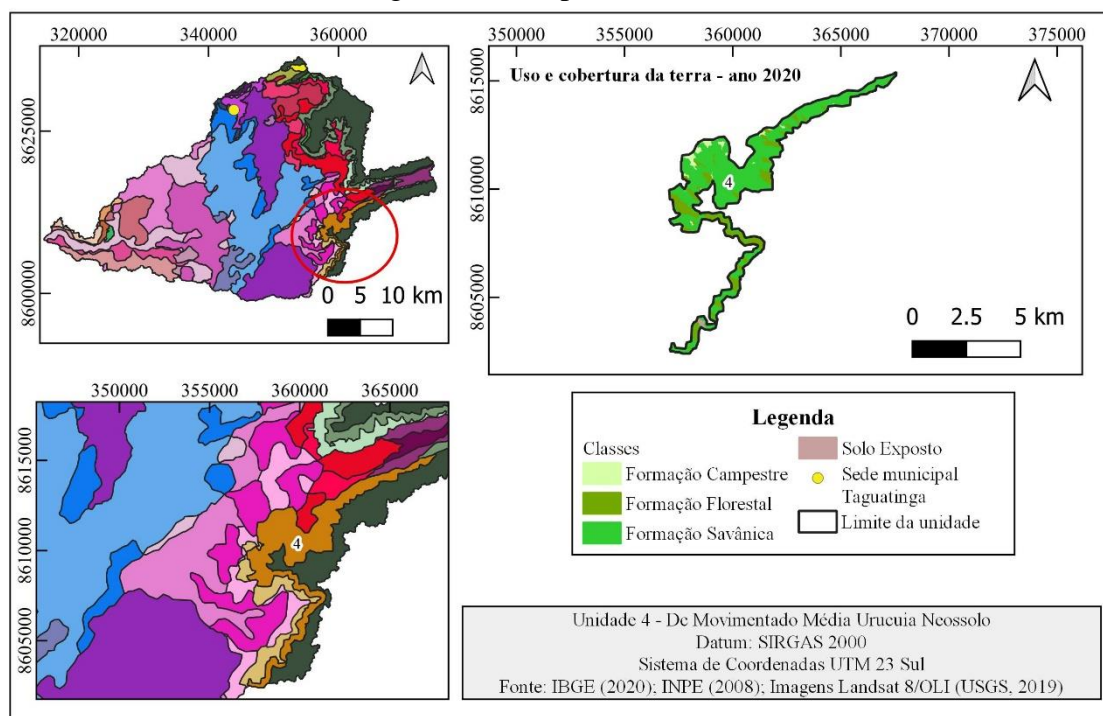
Figura 55 – Mapa da unidade 3



7.1.4 Unidade 4 – Dc Movimentado Média Urucuia Neossolo

A unidade geocológica 4 é constituída por dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural marcante (Figura 56). A declividade é movimentada, acima de 45%, e a altitude média, entre 600 e 800 metros, a área é de 19,267 km² (1,75%). Geologicamente, está presente o Grupo Urucuia, formado por arenitos, associado ao Neossolo, considerado solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações ao uso agrícola. Quanto ao uso e à cobertura da terra, verifica-se predominância da cobertura vegetal, representada pelas Formações Campestre (8%), Florestal (27%) e Savânica (65%), bem como ausência de classes referentes às atividades humanas. A combinação dos fatores da declividade e tipo de solo conferem maior nível de fragilidade à paisagem, principalmente por estar situada na área de escarpa da Serra Geral, devido à alta suscetibilidade desse ambiente a processos erosivos e gravitacionais. Nessa unidade, estão presentes diversos cursos d'água.

Figura 56 – Mapa da unidade 4

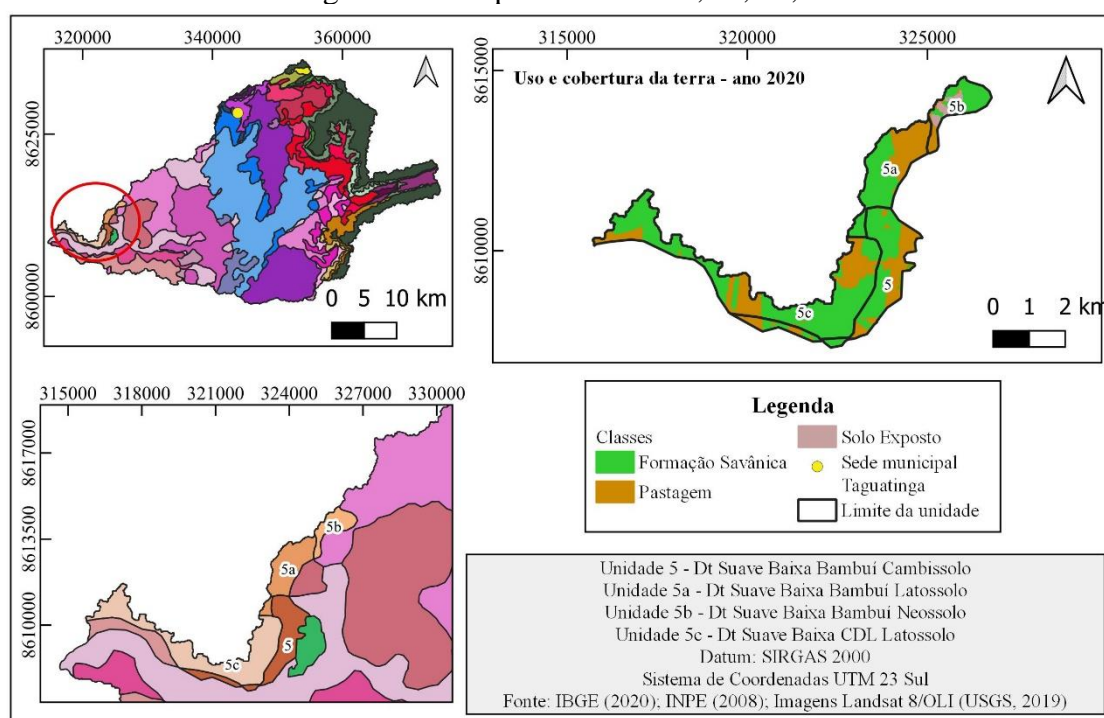


7.1.5 Unidade 5 – Dt Suave Baixa Bambuí Cambissolo

As unidades 5, 5a, 5b e 5c compartilham características semelhantes em relação à geomorfologia, à declividade e à altitude, diferenciando-se em relação ao tipo de solos e litologia.

Essas unidades são caracterizadas por dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural marcante, com ocorrência da forma de topos tabulares. São resultado dos processos de dissecação, atuam sobre uma superfície aplanada. O grau de dissecação do relevo é médio, e a densidade de drenagem é baixa. Predominam áreas de declividade suave, variam entre 0 e 20%, e altitude baixa, entre 363,77 e 600 metros (Figura 57).

Figura 57 – Mapa da unidade 5, 5a, 5b, 5c



Na unidade geológica 5, a formação geológica presente é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Predomina o Cambissolo, solo jovem e pouco profundo, apresenta alta suscetibilidade à erosão, necessitando de técnicas aplicadas e manejo da terra. Possui área de 3,633 km² (0,33%). Quanto ao uso e à cobertura da terra, predomina Formação Savânica (54%), seguida da classe pastagem (42%) e Formação Florestal (4%). A combinação dos fatores declividade e tipo de solo propiciam desenvolvimento de atividades humanas como a pecuária. Nessa unidade, identificou-se a presença de maciços de afloramento de rochas carbonáticas e cursos d'água de primeira e segunda ordem.

7.1.6 Unidade 5a – Dt Suave Baixa Bambuí Latossolo

Geologicamente, está presente o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Predomina o Latossolo, solos profundos e passíveis de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento, apresenta baixa suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Possui área de 2,917 km² (0,26%). Em relação ao uso e à cobertura da terra, nesta unidade, verificou-se a presença de Formação Savânica (57%) e a classe Pastagem (43%). Há presença de um curso d'água de primeira ordem.

7.1.7 Unidade 5b – Dt Suave Baixa Bambuí Neossolo

Geologicamente está presente o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Predomina o Neossolo, considerado solo jovem e pouco desenvolvido, apresenta muitas limitações para o uso agrícola e um nível muito alto de fragilidade potencial de suscetibilidade aos processos erosivos. Possui área de 1,392 km² (0,13%). Quanto ao uso e à cobertura da terra, tem a predominância da cobertura vegetal representada pela Formação Savânica (62%), que auxilia na proteção do solo, entretanto, está presente a classe pastagem (23%) e o solo exposto (15%). Há presença de três cursos d'água de primeira ordem.

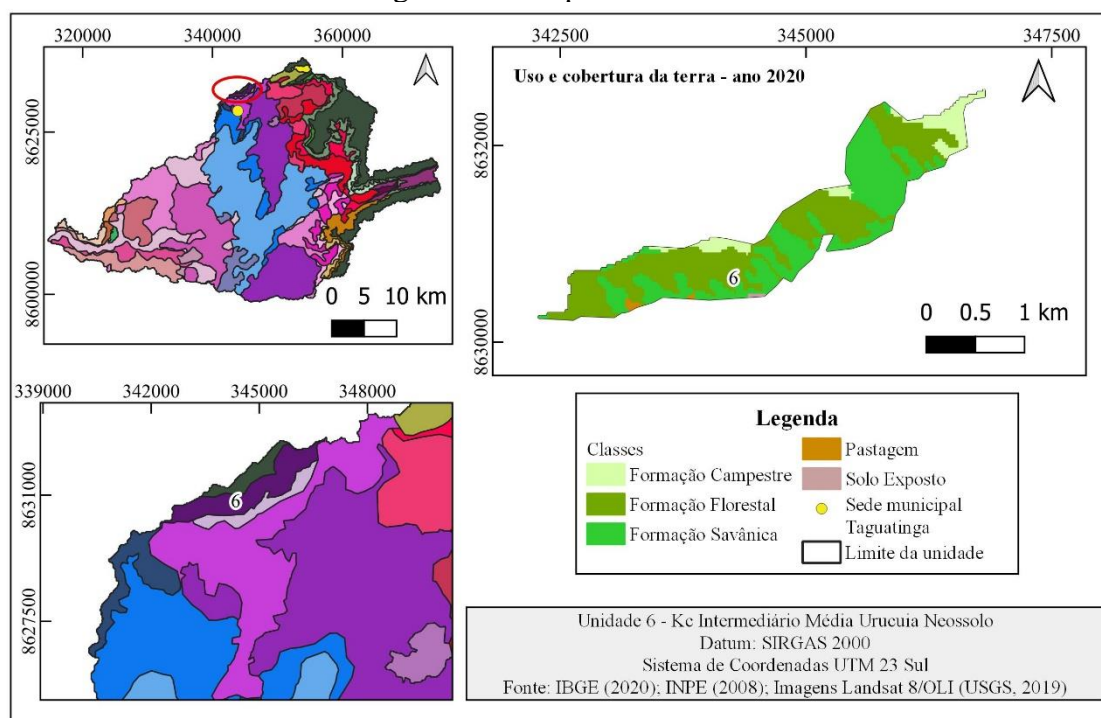
7.1.8 Unidade 5c – Dt Suave Baixa CDL Latossolo

Está presente a Cobertura Detrito-Laterítica, constituída por material proveniente de intemperismo das rochas subjacentes e não transportados, constituída por textura areno-argilosa. Predomina o Latossolo, solos profundos e passíveis de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento, com nível baixo de fragilidade potencial para a ocorrência de processos erosivos. Possui área de 6,973 km² (0,63%). Verificou-se cobertura vegetal, representada pela Formação Savânica (68%) e pela classe pastagem (32%). Há dois cursos d'água de primeira ordem.

7.1.9 Unidade 6 – Kc Intermediário Média Urucuia Neossolo

Caracterizada pela presença de formas de dissolução, com ocorrência em subsuperfície, encobertas por solos e outros produtos (Figura 58). A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, e altitude média, entre 600 e 800 metros, possui área de 2,610 km² (0,24%). Está presente o Grupo Urucuia formado por arenitos, associado ao Neossolo, um tipo de solo jovem pouco desenvolvido e com limitações para o uso agrícola. A combinação dos fatores declividade e tipo de solo contribuem para existência de um nível muito alto de fragilidade potencial diante da suscetibilidade aos processos erosivos, principalmente por estar na área de escarpa da Serra de Taguatinga, o que ressalta a necessidade de preservação da vegetação. Percebe-se predominância da cobertura vegetal nativa nessa unidade, auxiliando na proteção do solo e representado por Formação Florestal (54%), Formação Savânica (35%), Formação Campestre (9%) e presença da classe pastagem (1%) e solo exposto (1%). Além disso, há diversos cursos d'água de primeira e segunda ordem.

Figura 58 – Mapa da unidade 6

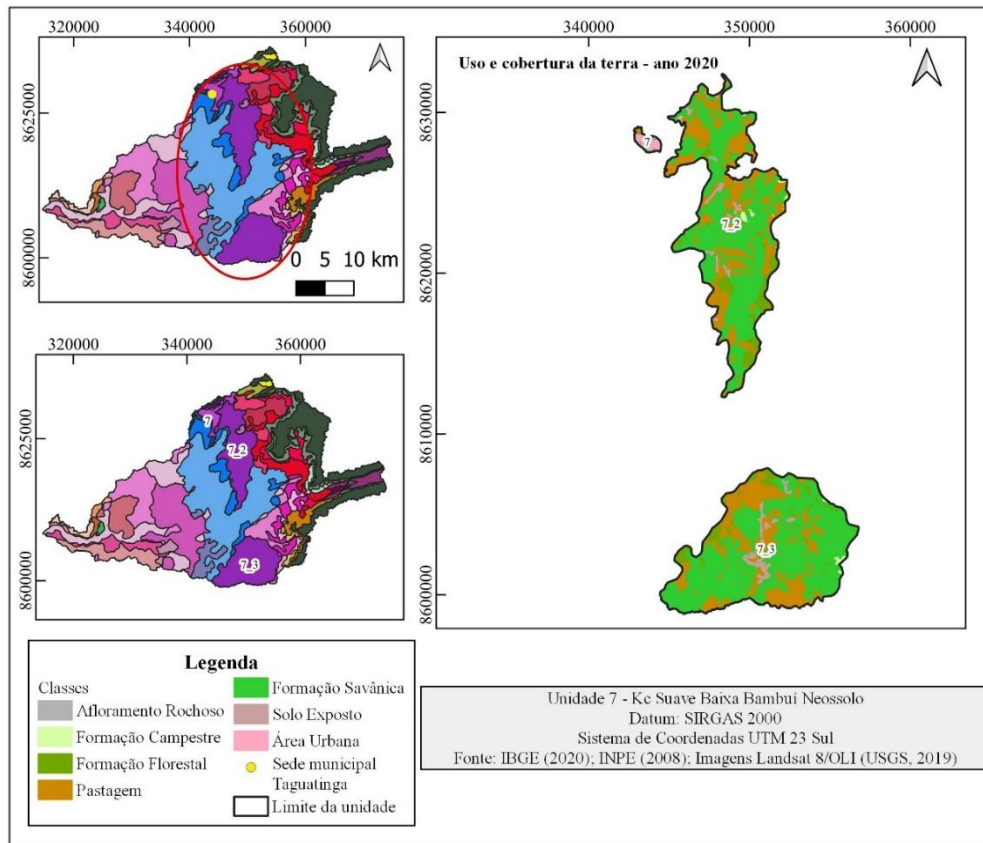


7.1.10 Unidade 7 – Kc Suave Baixa Bambuí Neossolo

Caracterizada pela presença de formas de dissolução, com ocorrência em subsuperfície, encobertas por solos e outros produtos. A declividade é suave, varia entre

0 e 20%, a altitude é baixa, entre 363,77 e 600 metros (Figura 59). Está presente o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Predomina o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em três áreas. Quanto ao uso e à cobertura da terra, na unidade 7, com área de 1,421 km² (0,13%), predomina a área urbana (55%), seguida por Formação Savânica (26%), Formação Florestal (6%) e pastagem (13%). Na unidade 7_2, com área de 68,734 km² (6,23%), a cobertura vegetal é predominante, representada por Formação Savânica (44%), Formação Florestal (12%), Formação Campestre (2%), tem-se a presença da classe pastagem (41%) e solo exposto (1%). Na unidade 7_3, com área de 69,927 km² (6,34%), a cobertura vegetal é predominante, representada por Formação Savânica (52%), Formação Florestal (12%), Formação Campestre (1%), tem-se a presença da classe pastagem (33%) e solo exposto (2%). A declividade favoreceu o desenvolvimento das atividades humanas, como expansão da área urbana e pastagem. Como o tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, necessita da manutenção de cobertura vegetal a fim de proteger o solo e manter a estabilidade desses ambientes, que possuem, em sua abrangência, diversos cursos d'água nas três unidades. E, na unidade 7_2, há a caverna cadastrada pelo CECAV, Gruta do Grotão, além da identificação de uma dolina e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.

Figura 59 – Mapa da unidade 7

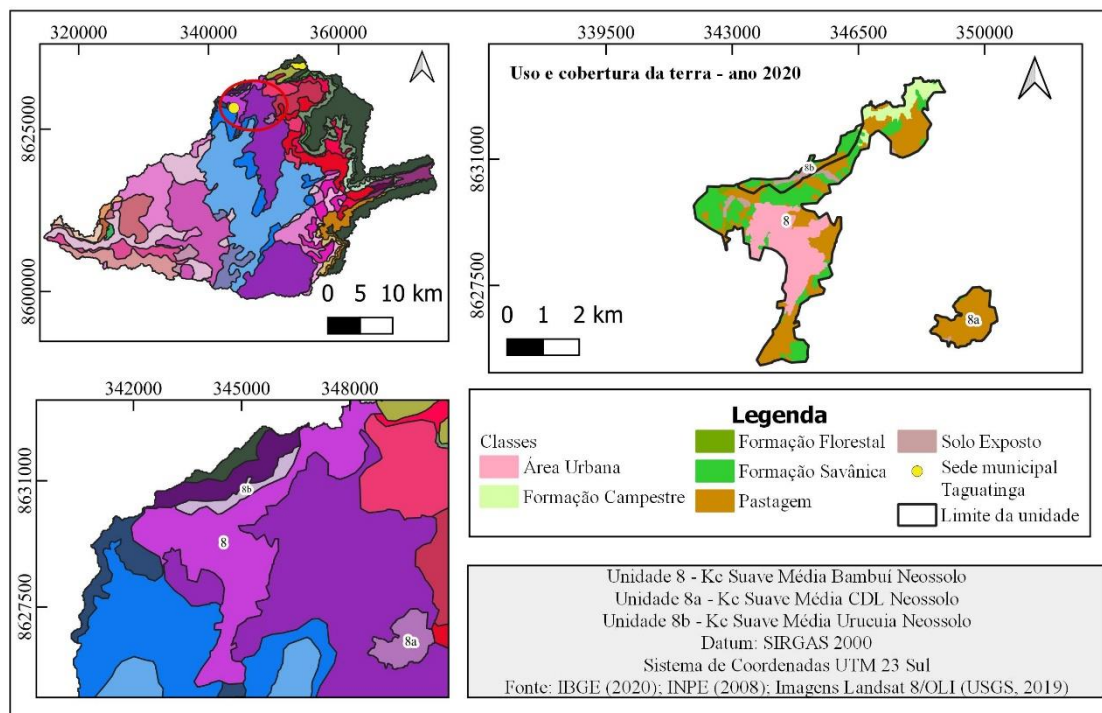


7.1.11 Unidade 8 – Kc Suave Média Bambuí Neossolo

As unidades geológicas 8, 8a e 8b apresentam semelhança quanto às características relacionadas a geomorfologia, declividade, altitude e tipo de solo, diferenciando-se no que diz respeito a litologia e uso e cobertura da terra.

São caracterizadas pela presença de formas de dissolução, com ocorrência em subsuperfície, encobertas por solos e outros produtos. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, a altitude é intermediária, entre 600 e 800 metros. Predomina o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola (Figura 60).

Figura 60 – Mapa da unidade 8



A formação geológica presente na unidade geológica 8 é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Possui área de 12,054 km² (1,09%). Quanto ao uso e à cobertura da terra, tem-se a predominância de áreas antropizadas, representadas pela classe pastagem (40%) e área urbana (25%), solo exposto (2%), e áreas com cobertura vegetal com Formação Savânica (22%), Formação Campestre (9%) e Formação Florestal (2%). A declividade possibilitou o desenvolvimento das áreas antropizadas como pastagem e área urbana, porém é necessária preservação das áreas de cobertura vegetal tendo em vista a alta suscetibilidade do Neossolo à ocorrência de processos erosivos e preservação dos cursos d'água presentes nessa unidade.

7.1.12 Unidade 8a – Kc Suave Média CDL Neossolo

Na unidade geológica 8a, está presente a Cobertura Detrito-Laterítica, constituída por material proveniente de intemperismo das rochas subjacentes e não transportados, com textura areno-argilosa. Possui área de 1,764 km² (0,16%). Em relação ao uso e à cobertura da terra, a classe pastagem é a mais expressiva (99%) e o solo exposto

(1%). As características físicas como declividade e solos possibilitou desenvolvimento das atividades humanas, conforme apontado anteriormente no item 7.1.11.

7.1.13 Unidade 8b – Kc Suave Média Urucuia Neossolo

A unidade geoecológica 8b possui área de 1,090 km² (0,10%), está presente o grupo Urucuia, formado por arenitos. Quanto ao uso e à cobertura da terra, predominam áreas de cobertura vegetal nativa representadas por Formação Savânica (56%), Formação Campestre (3%) e Formação Florestal (1%), e tem-se presente a classe pastagem (30%) e solo exposto (10%). As características físicas como declividade e solos favoreceram a expansão das atividades humanas nessa unidade, conforme indicação descrita no item 7.1.11.

7.1.14 Unidade 9 – Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento

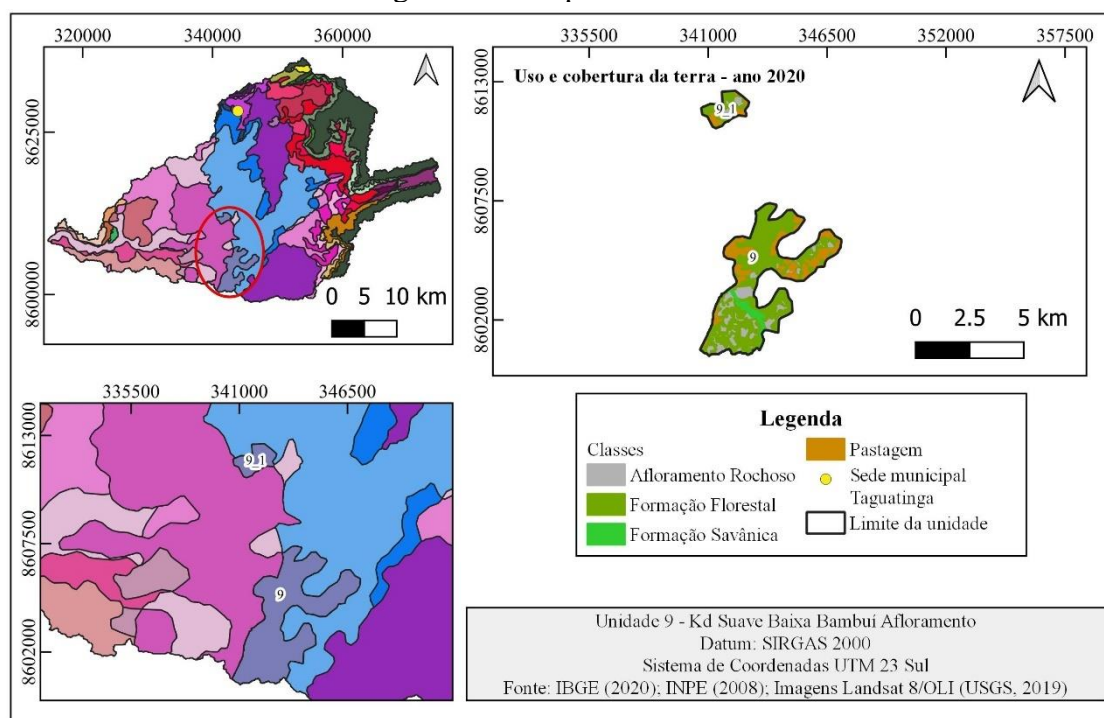
As unidades geoecológicas 9, 9a e 9b compartilham características semelhantes relacionadas a geomorfologia, declividade, altitude e litologia, diferenciando-se quanto ao tipo de solos e uso e cobertura da terra.

Essas unidades são caracterizadas pela presença de formas de dissolução, com origem em superfície ou descobertas por erosão de coberturas preexistentes. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude é baixa, entre 363,77 e 600 metros. A formação geológica é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias.

Na unidade geoecológica 9, verifica-se afloramento de rochas carbonáticas, o qual apresenta nível muito alto de fragilidade potencial para ocorrência de processos erosivos, entretanto os fatores declividade, altitude e cobertura vegetal podem minimizar esse efeito (Figura 61). Essa unidade apresenta repetição em duas áreas. A unidade 9 possui área de 18,568 km² (1,68%), e a unidade 9_1 tem área equivalente a 2,123 km² (0,19%). Quanto ao uso e à cobertura da unidade 9, identificou-se Formação Florestal (64%) e Formação Savânica (3%), afloramento rochoso (19%) e pastagem (14%). Para a unidade 9_1, observou-se Formação Florestal (67%), afloramento rochoso (19%) e pastagem (14%). A preservação da cobertura vegetal protege o solo, mantém a biodiversidade e contribui para estabilidade dessa unidade.

Na unidade 9, identificaram-se algumas feições cársticas, entre elas: 1 dolina, maciços de afloramento de rochas carbonáticas e 28 cavernas cadastradas pelo CECAV, sendo elas: Gruta do Criminoso, Gruta do Sr. Nilton, Toca do Tatu, Gruta Boca de Moça, Gruta do Tamburil, Gruta da Avenca, Gruta da Taboca, Gruta do Aratim, Gruta do Mandacaru, Caverna Horizonte Azul, Caverna Água Doce, Abrigo do Xupé, Gruta Poção da Estrela, Gruta da Cerâmica, Gruta do Cemitério, Gruta da Fazenda Angical, Abismo dos Acabados, Gruta dos Cogumelos, Toca do Sr. Vitorino I, Toca do Sr. Vitorino II, Toca do Sr. Vitorino III, Toca do Sr. Vitorino IV, Gruta dos Ossos, Gruta do Culto, Gruta do Totem, Gruta Coruja Branca, Buraco do Júnior e Gruta Tacho de Ouro. As duas últimas cavernas, no ano de 2022, foram consideradas como sítios arqueológicos pelo IPHAN, em função da identificação de diversas pinturas rupestres inscritas nas paredes das rochas carbonáticas. A unidade tem alguns cursos d'água. Na unidade 9_1, identificaram-se maciços de afloramento de rochas carbonáticas.

Figura 61 – Mapa da unidade 9

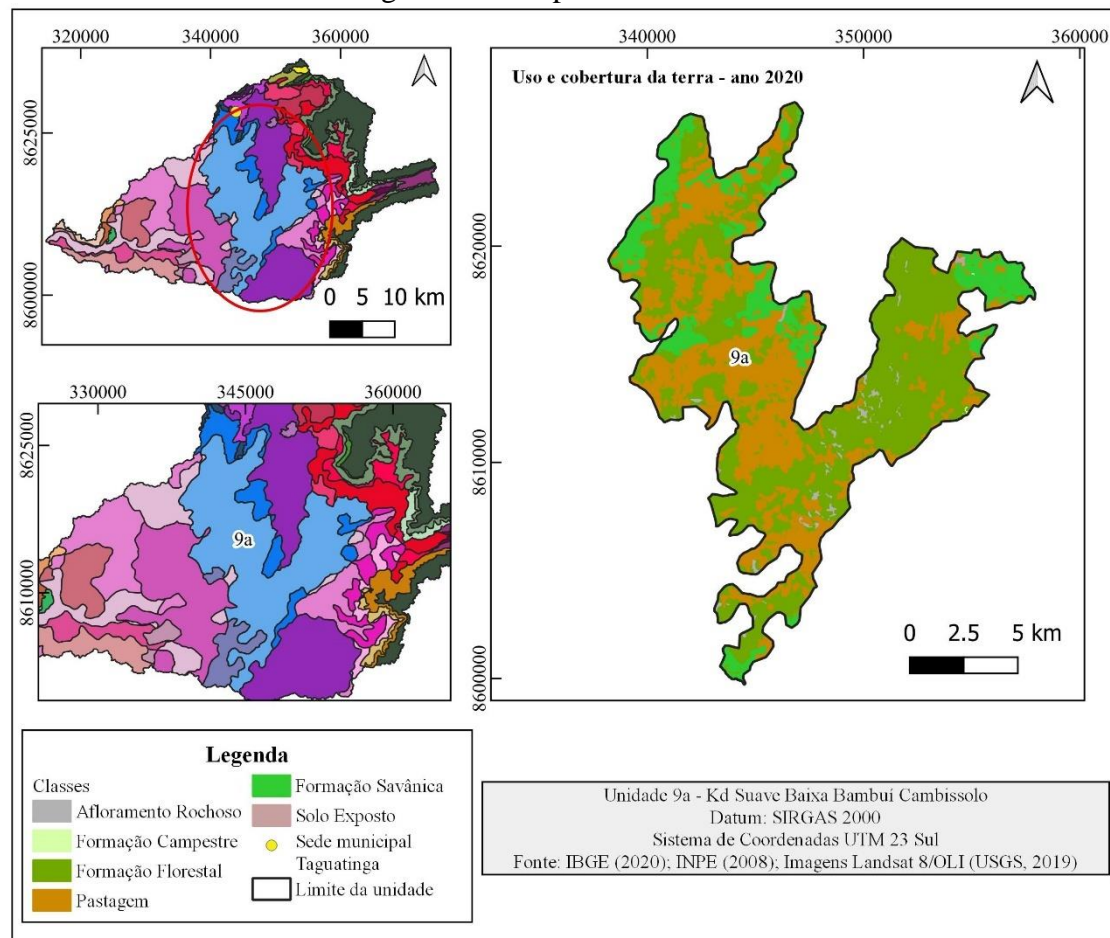


7.1.15 Unidade 9a – Kd Suave Baixa Bambuí Cambissolo

Na unidade geocológica 9a, está presente o Cambissolo, considerado solo jovem e pouco profundo, apresenta alta suscetibilidade à erosão, necessitando de técnicas aplicadas e manejo da terra. Possui área equivalente a 177,776 km² (16,11%), destaca-se

como a maior unidade geocológica da bacia do rio Sobrado em extensão da área (Figura 62). Quanto ao uso e à cobertura da terra, destacam-se as áreas de cobertura vegetal nativa representada por Formação Florestal (56%) e Formação Savânica (11%), e ainda tem a classe pastagem (31%) e afloramento de rochas (2%). A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, em contrapartida a preservação da cobertura vegetal protege o solo, mantém a biodiversidade e contribui para a estabilidade dessa unidade.

Figura 62 – Mapa da unidade 9a



Na unidade, foram identificadas diversas feições cársticas como maciços de afloramento rochoso, uma surgência (rio Azuis), quatro dolinas e um sumidouro, treze cavernas cadastradas pelo CECAV, sendo elas: Gruta Portal da Serra, Caverna Dois Irmãos, Caverna Ipê Amarelo, Caverna Tarumã, Gruta Laje, Caverna D. Conceição, Caverna Catedral da Laje, Gruta Ponte da Natureza, PEA-0429, Abrigo dos Tapuios, Gruta dos Tapuios II, Gruta do Gonçalves e Gruta dos Caldeirões. As quatro últimas são

considerados sítios arqueológicos pelo IPHAN. Além disso, há mais dois sítios arqueológicos, Porto Alegre e Lagoinha II.

Por se tratar da maior unidade, há, em sua abrangência, diversos cursos d'água, como o ribeirão do Abreu, importante recurso hídrico, pois é responsável pelo abastecimento da área urbana de Taguatinga (Figura 63). Também está instalada, em seu curso, uma pequena central hidrelétrica denominada PCH Taguatinga.

Figura 63 – Ponte sobre o ribeirão do Abreu na TO-110, próximo à área urbana de Taguatinga



Fonte: Autora (2021).

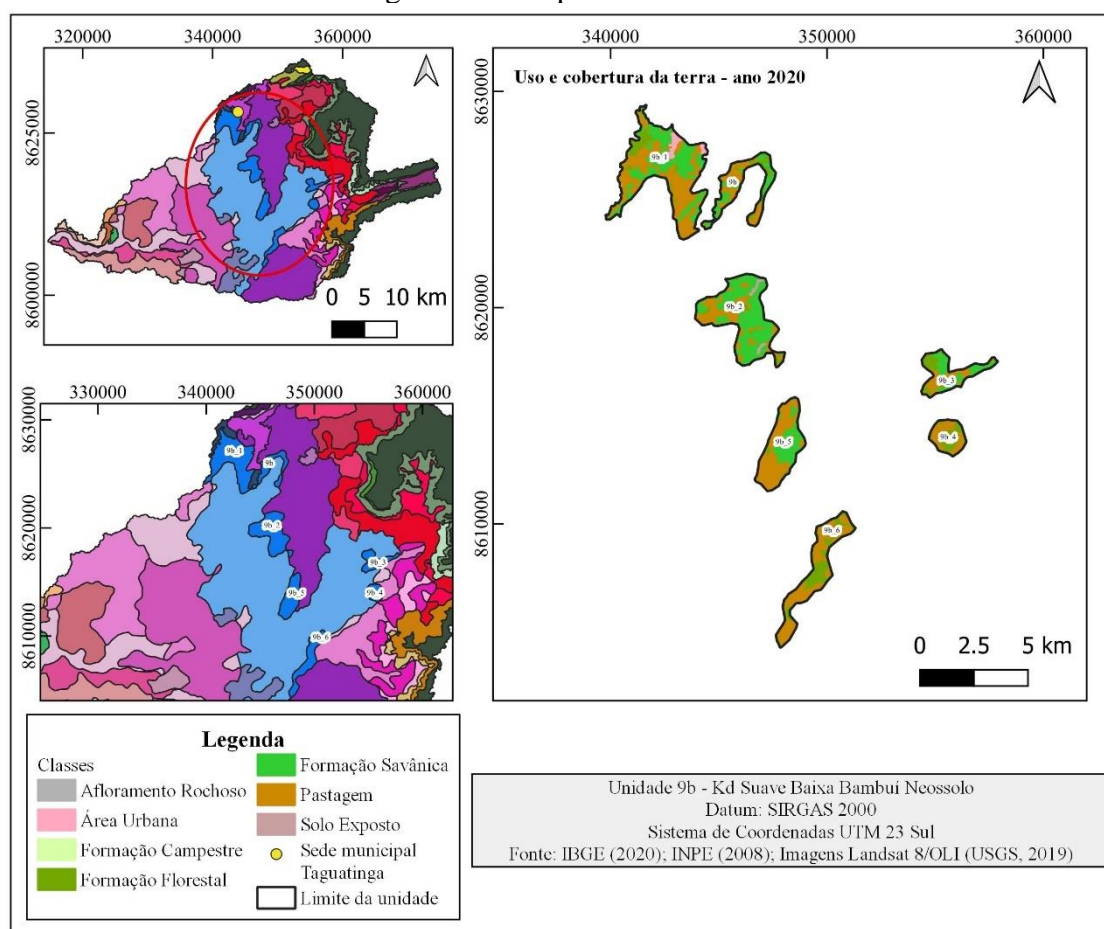
7.1.16 Unidade 9b – Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo

Na unidade geocológica 9b, predomina o Neossolo, tipo de solo jovem pouco desenvolvido, e apresenta limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em sete áreas (Figura 64). Quanto ao uso e à cobertura da terra, identificou-se na unidade 9b (3,580 km² ou 0,32%) presença de Formação Savânica (25%), Formação Florestal (23%) e pastagem (52%). Na unidade 9b_1 (12,192 km² ou 1,11%), há predomínio de áreas antropizadas, representadas pela classe pastagem (60%) e área urbana (3%) e áreas de cobertura vegetal nativa, como Formação Savânica (26%) e Formação Florestal (11%). Na unidade 9b_2 (8,71 km² ou 0,79%), tem-se Formação Savânica (51%), Formação Florestal (8%), pastagem (40%) e solo exposto (1%). Na unidade 9b_3 (3,174 km² ou 0,29%), identificaram-se Formação Savânica (35%), Formação Florestal (30%) e pastagem (35%). Na unidade 9b_4 (2,067 km² ou 0,19%), há Formação Florestal (52%) e pastagem (48%). Na unidade 9b_5 (5,297 km² ou 0,48%), a classe pastagem possui representação mais expressiva, ocupando 68%, Formação Savânica (25%) e Formação Florestal (7%). Na unidade 9b_6 (5,265 km² ou 0,48%), há Formação Florestal (45%) e pastagem (55%). A constituição da litologia dessa unidade,

juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, em contrapartida a preservação da cobertura vegetal protege o solo, mantém a biodiversidade, conserva os recursos hídricos e contribui para a estabilidade dessa unidade.

Na unidade 9b_1, identificaram-se uma dolina, maciço de afloramento de rochas carbonáticas e três cavernas cadastradas pelo CECAV, sendo elas: Gruta dos Moleques, PEA-0787, PEA-0789. Na unidade 9b_4 e 9b_3, está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas. E, na unidade 9b_6, tem-se a dolina de colapso da Fazenda Brejinho e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.

Figura 64 – Mapa da unidade 9b



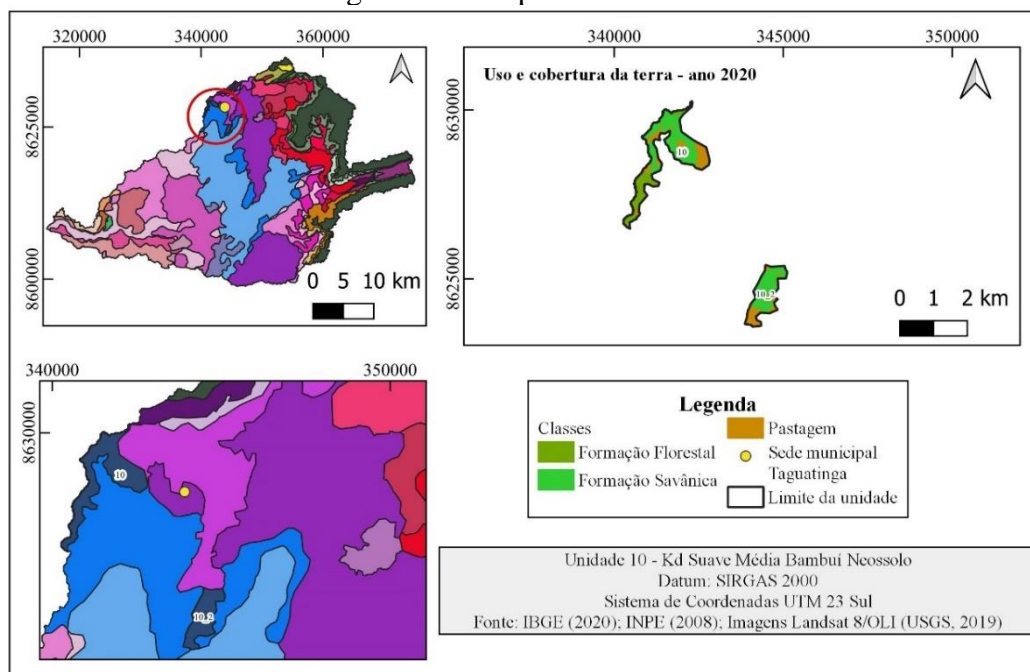
7.1.17 Unidade 10 – Kd Suave Média Bambuí Neossolo

A unidade geocológica 10 caracteriza-se pela presença de formas de dissolução, com origem em superfície ou descobertas por erosão de coberturas preexistentes. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude média, entre 600 e 800 metros (Figura 65). A formação geológica é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende

calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias. Está presente o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em duas áreas. A unidade 10 possui área de 2,315 km² (0,21%), e a unidade 10_2 tem área equivalente a 1,057 km² (0,10%).

Quanto ao uso e à cobertura da terra, na unidade 10, verificou-se predominância das classes de cobertura vegetal nativa representada por Formação Savânica (49%) e Formação Florestal (24%), pastagem (27%). Na unidade 10_2, foi possível observar presença de Formação Savânica (60%) e pastagem (40%). A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, em contrapartida a preservação da cobertura vegetal contribui para a estabilidade dessa unidade e manutenção dos recursos naturais. Na unidade 10, observou-se presença de maciço de afloramento rochoso e uma caverna cadastrada pelo CECAV, PEA-0791.

Figura 65 – Mapa da unidade 10



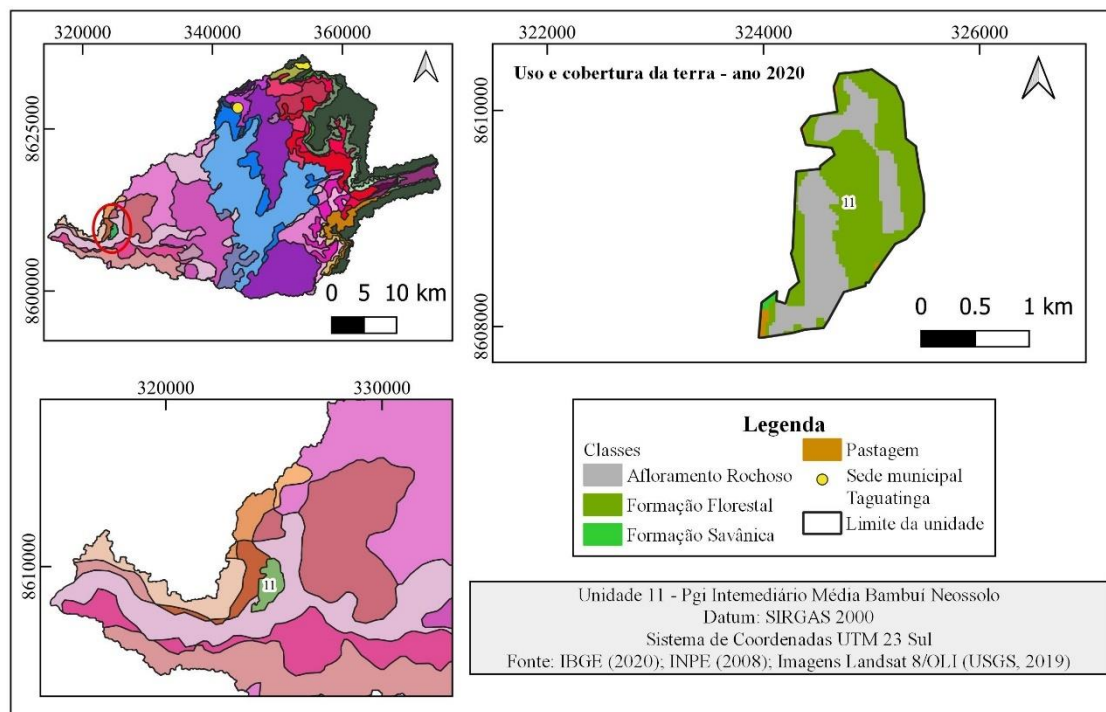
7.1.18 Unidade 11 – Pgi Intermediário Média Bambuí Neossolo

As unidades geológicas 11 e 11a possuem características semelhantes relacionadas à geomorfologia, à declividade, à altitude e tipo de solos, diferenciando-se em relação à litologia e ao uso e cobertura da terra.

Caracterizam-se por superfície de aplanamento parcialmente conservada e estão situadas na unidade geomorfológica Chapadão Ocidental Baiano. A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, em altitude intermediária, entre 600 e 800 metros. Está presente o Neossolo, tipo de solo e jovem pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola.

Na unidade geocológica 11, a formação geológica é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias (Figura 66). Possui área de 2,046 km² (0,19%). Quanto ao uso e à cobertura da terra, identificou-se presença de afloramento rochoso (43%), Formação Florestal (56%) e Formação Savânica (1%). A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com a presença de afloramento rochoso e o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, em contrapartida a preservação da cobertura vegetal contribui para a manutenção dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos. Há uma caverna cadastrada pelo CECAV, a Gruta da Bica, e maciço de afloramento rochoso, nas proximidades do rio Sobrado.

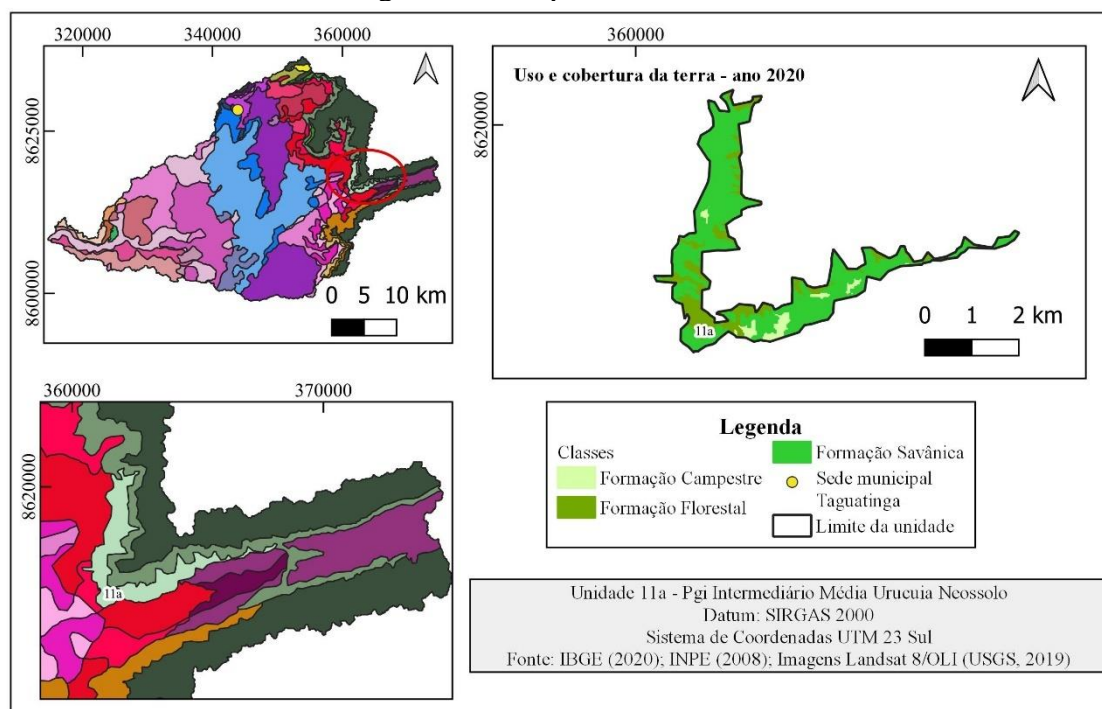
Figura 66 – Mapa da unidade 11



7.1.19 Unidade 11a – Pgi Intermediário Média Urucuia Neossolo

A unidade geocológica 11a possui área de 7,101 km² (0,64%), a formação geológica é o Grupo Urucuia, formado por arenitos (Figura 67). Em relação ao uso e à cobertura da terra, verificou-se presença de áreas com cobertura vegetal nativa como Formação Savânica (66%), Formação Florestal (27%) e Formação Campestre (7%), com ausência das classes referentes às atividades humanas. A constituição da litologia, juntamente com os valores da declividade elevam o nível de suscetibilidade dessa unidade a processos erosivos, por isso a preservação da cobertura vegetal desempenha papel fundamental na proteção do solo, conservação dos recursos hídricos (principalmente os cursos de primeira ordem) e estabilidade desses ambientes.

Figura 67 – Mapa da unidade 11a



7.1.20 Unidade 12 – Pgi Movimentado Média Urucuia Latossolo

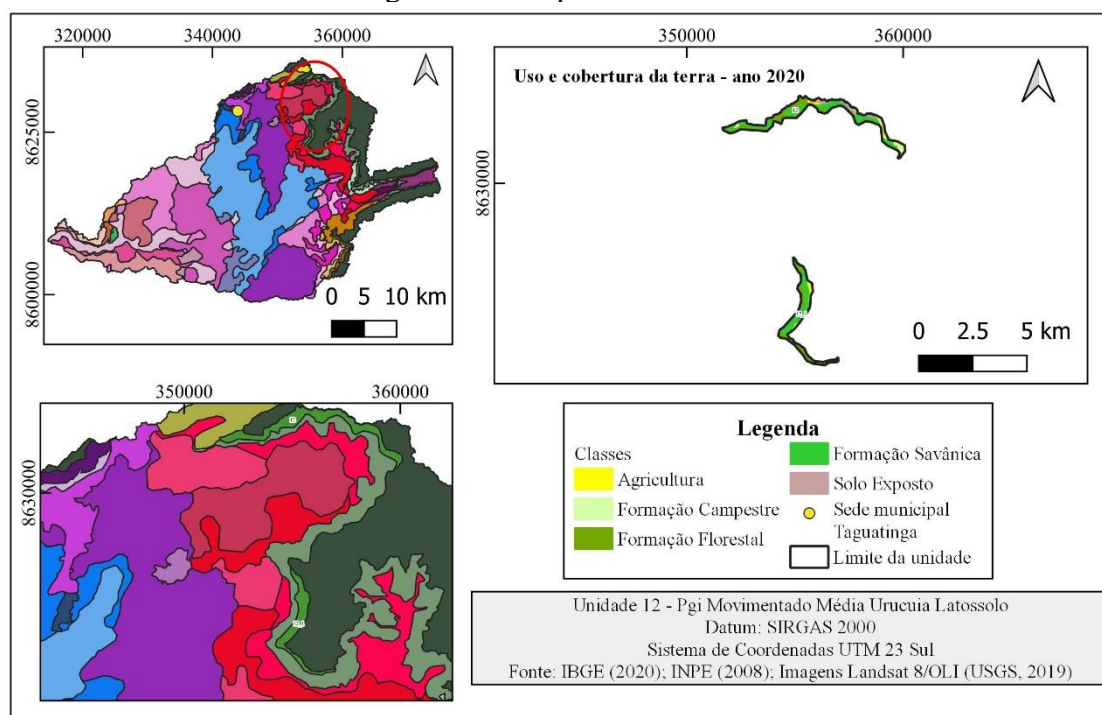
As unidades geocológicas 12 e 12a apresentam semelhanças quanto às características relacionadas à geomorfologia, à declividade, à altitude e à litologia, diferenciando-se em relação ao tipo de solos e ao uso e cobertura da terra.

Caracterizam-se por superfície de aplanamento parcialmente conservada, situada na unidade geomorfológica Chapadão Ocidental Baiano. A declividade é movimentada,

acima de 45%, em altitude média, entre 600 e 800 metros. A formação geológica presente é o Grupo Urucua, constituído por arenitos.

Na unidade geocológica 12, há presença do Latossolo, solo profundo e passível de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento, apresentando baixa fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos (Figura 68). Nessa unidade, há repetição em duas áreas. Na unidade 12 (3,598 km² ou 0,33%), o uso e a cobertura da terra dividem-se em: Formação Florestal (40%), Formação Savânica (33%), Formação Campestre (11%), agricultura (12%) e solo exposto (4%). Na unidade 12_1 (2,103 km² ou 0,19%), identificaram-se Formação Florestal (43%), Formação Savânica (41%) e agricultura (16%). A preservação da vegetação original, é essencial para manter a estabilidade dessa unidade, tendo em vista que a declividade movimentada, impossibilita o desenvolvimento da agricultura, sendo identificada na área de contato com a unidade geocológica 13.

Figura 68 – Mapa da unidade 12

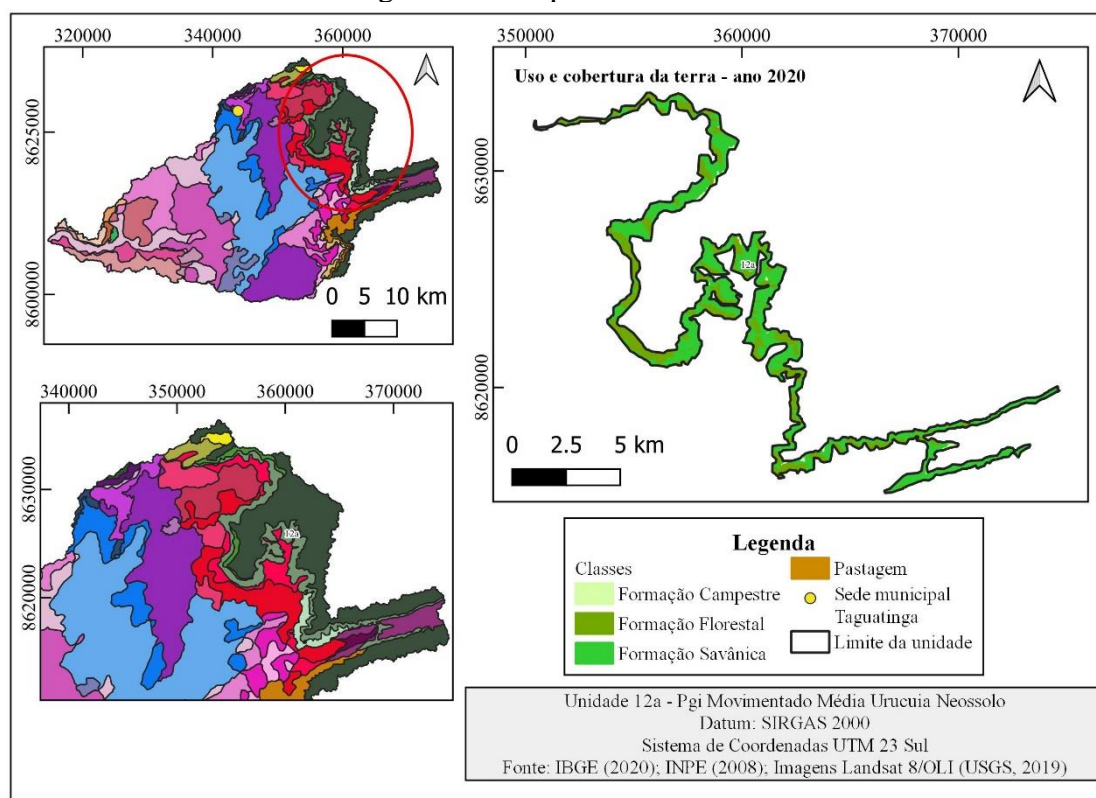


7.1.21 Unidade 12a – Pgi Movimentado Média Urucua Neossolo

A unidade geocológica 12a tem a presença do Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola (Figura 69). Sua área é de 37,849 km² (3,43%). Devido às características de declividade e altitude, nessa unidade foram

identificadas classes referentes à cobertura vegetal nativa, sendo elas: Formação Savânica (52%), Formação Florestal (44%) e Formação Campestre (4%), o que implica necessidade de sua preservação. Por estar localizada na área de escarpa da Serra Geral, a vegetação desempenha papel fundamental na proteção do solo, na conservação dos recursos hídricos e na estabilidade do ambiente.

Figura 69 – Mapa da unidade 12a

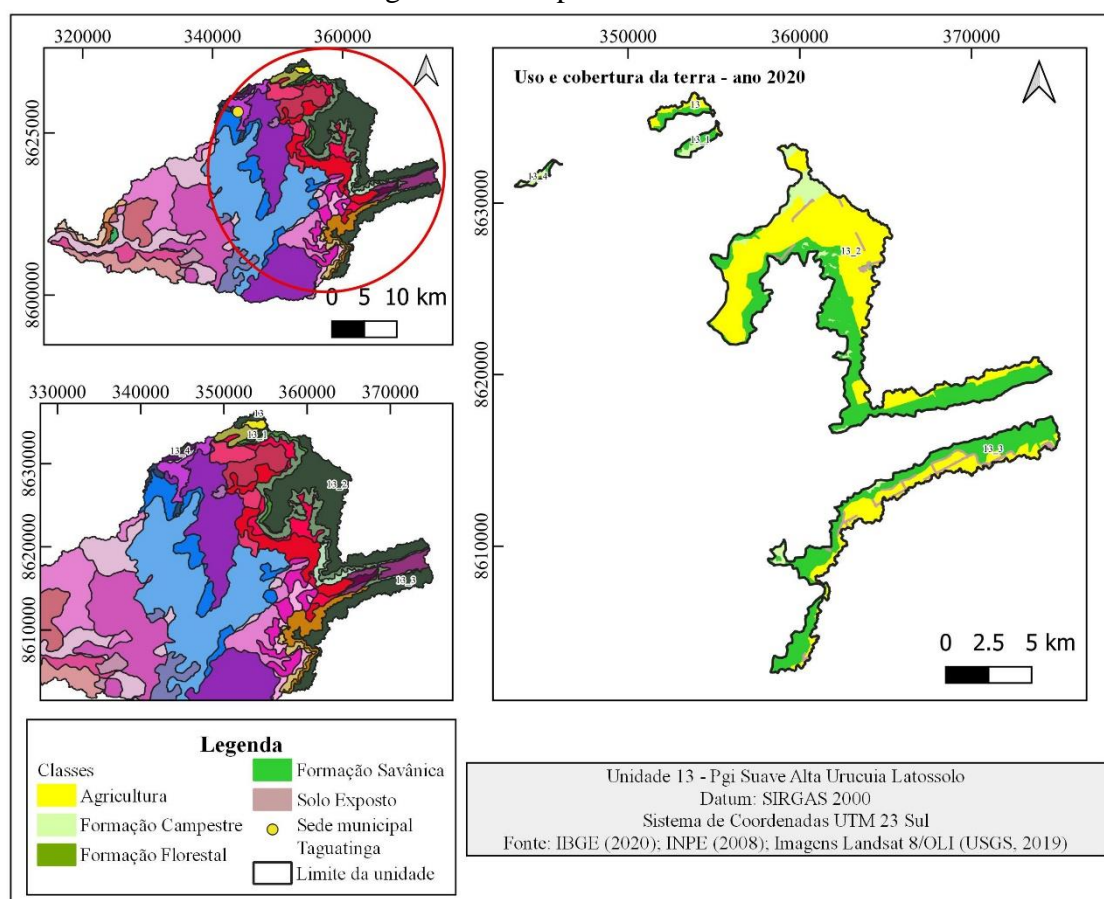


7.1.22 Unidade 13 – Pgi Suave Alta Urucuia Latossolo

A unidade geocológica 13 caracteriza-se pela superfície de aplanamento parcialmente conservada, situada na unidade geomorfológica Chapadão Ocidental Baiano. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, a altitude alta, entre 800 e 934 metros (Figura 70). A formação geológica é o Grupo Urucuia, constituído por arenitos e associado ao Latossolo, solo profundo e passível de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento, com baixa fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos. Essa unidade apresenta repetição em cinco áreas. Em relação ao uso e à cobertura da terra, na unidade 13 (2,927 km² ou 0,27%), predomina a classe agricultura (61%), e tem-se a presença de Formação Savânica (37%) e Formação Florestal (2%). Na unidade 13_1 (1,791 km² ou 0,16%), predominam as classes referentes à cobertura

vegetal nativa, sendo Formação Savânica (49%), Formação Campestre (42%), Formação Florestal (1%) e agricultura (8%). Na unidade 13_2 (72,347 km² ou 6,56%), predomina a classe agricultura (57%) e tem-se Formação Savânica (35%), Formação Campestre (7%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 13_3 (31,394 km² ou 2,85%), há predominância das classes referentes à cobertura vegetal nativa, sendo Formação Savânica (52%), Formação Campestre (4%) e Formação Florestal (1%), agricultura (39%) e solo exposto (4%). Na unidade 13_4 (0,890 km² ou 0,08%), predominam as classes de cobertura vegetal nativa, Formação Campestre (80%), Formação Savânica (12%) e Formação Florestal (8%). A combinação dos fatores declividade e tipo de solo nessa unidade possibilitaram desenvolvimento da agricultura mecanizada. Torna-se necessário manejo adequado das áreas de cultura, preservação das áreas de cobertura vegetal nativa para manter proteção do solo, conservação dos recursos hídricos e estabilidade do ambiente.

Figura 70 – Mapa da unidade 13



7.1.23 Unidade 14 – Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo

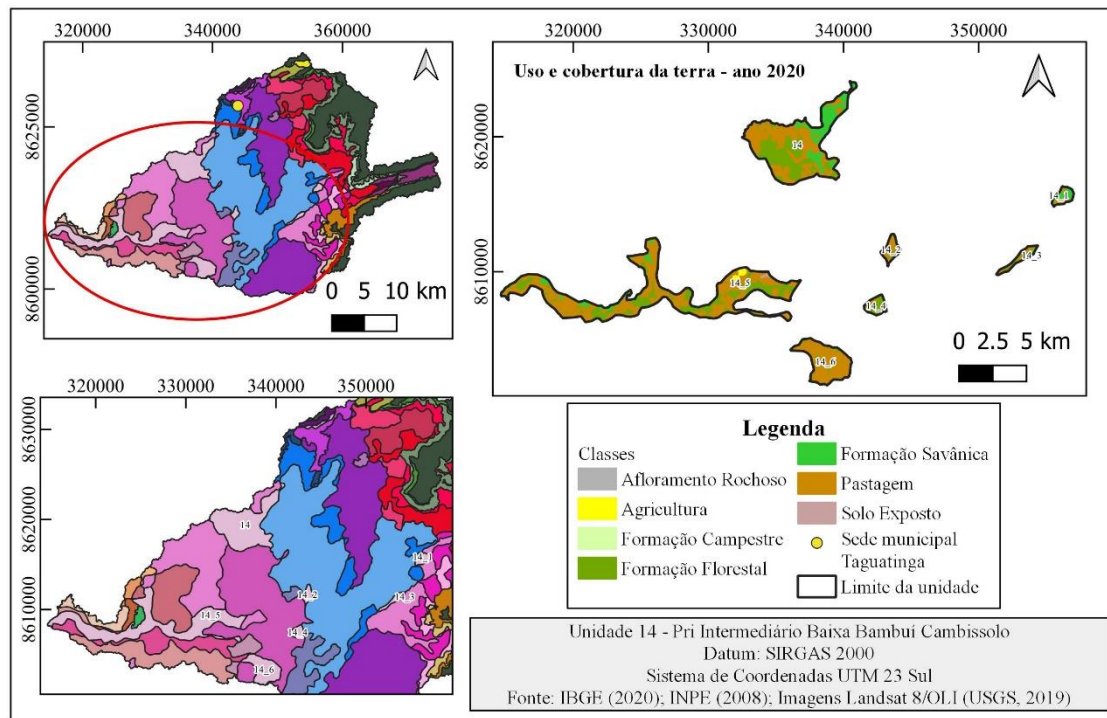
As unidades geológicas 14, 14a, 14b e 14c apresentam semelhanças quanto às características relacionadas à geomorfologia, à declividade, à altitude e à litologia, diferenciando-se em relação ao tipo de solos e uso e cobertura da terra.

Caracterizam-se por superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, e a altitude baixa, entre 363,77 e 600 metros. A formação geológica presente é o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias.

Na unidade geológica 14, está presente o Cambissolo, considerado solo jovem e pouco profundo, apresenta alta suscetibilidade à erosão, necessitando de técnicas aplicadas e manejo da terra. Essa unidade apresenta repetição em sete áreas (Figura 71). Em relação ao uso e à cobertura da terra, verificou-se, na unidade 14 (25,418 km² ou 2,30%), a classe pastagem (43%), Formação Florestal (42%) e Formação Savânica (15%). Na unidade 14_1 (1,446 km² ou 0,13%), predomina a classe pastagem (58%) e Formação Savânica (42%). Na unidade 14_2 (1,599 km² ou 0,14%), o uso divide-se em pastagem (50%) e Formação Florestal (50%). Na unidade 14_3 (1,464 km² ou 0,13%), identificou-se Formação Florestal (53%), pastagem (45%) e Formação Savânica (2%). Na unidade 14_4 (1,636 km² ou 0,15%), predomina Formação Florestal (93%) e pastagem (7%). Na unidade 14_5 (34,742 km² ou 3,15%), tem-se pastagem (50%), Formação Florestal (44%), Formação Savânica (3%) e agricultura (3%). Na unidade 14_6 (8,312 km² ou 0,75%), predomina a classe pastagem (82%) e Formação Florestal (18%). A combinação entre declividade e tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.

Em todas as sete unidades, foram identificados maciços de afloramento de rochas carbonáticas. Na unidade 14_5, situam-se duas cavernas cadastradas pelo CECAV, a Gruta do Urso e Gruta dos Moura. Na unidade 14, foram observadas duas dolinas.

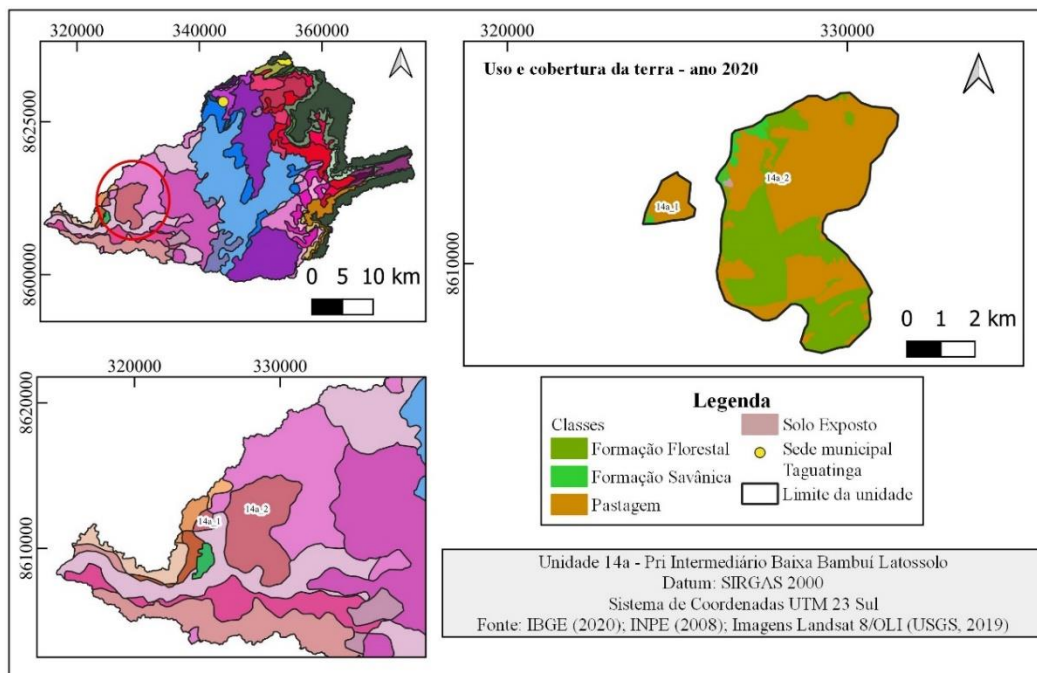
Figura 71 – Mapa da unidade 14



7.1.24 Unidade 14a – Pri Intermediário Baixa Bambuí Latossolo

Na unidade geocológica 14a, predomina o Latossolo, considerado solo profundo, com alta permeabilidade à água e passível de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento. Essa unidade apresenta repetição em duas áreas (Figura 72). Quanto ao uso e à cobertura da terra, na unidade 14a_1 (1,481 Km² ou 0,13%), predomina a classe pastagem (97%) e Formação Savânica (3%). Na unidade 14a_2 (26,508 km² ou 2,40%), identificou-se a classe pastagem (57%), Formação Florestal (41%) e Formação Savânica (2%). A combinação entre declividade e tipo de solo mantém o nível baixo de fragilidade potencial da paisagem em relação à ocorrência da erosão, entretanto a conversão de áreas de cobertura vegetal nativa em pastagem pode resultar no desequilíbrio ambiental dessa unidade. Nesse sentido, a preservação da vegetação é fundamental para manutenção dos recursos naturais.

Figura 72 – Mapa da unidade 14a



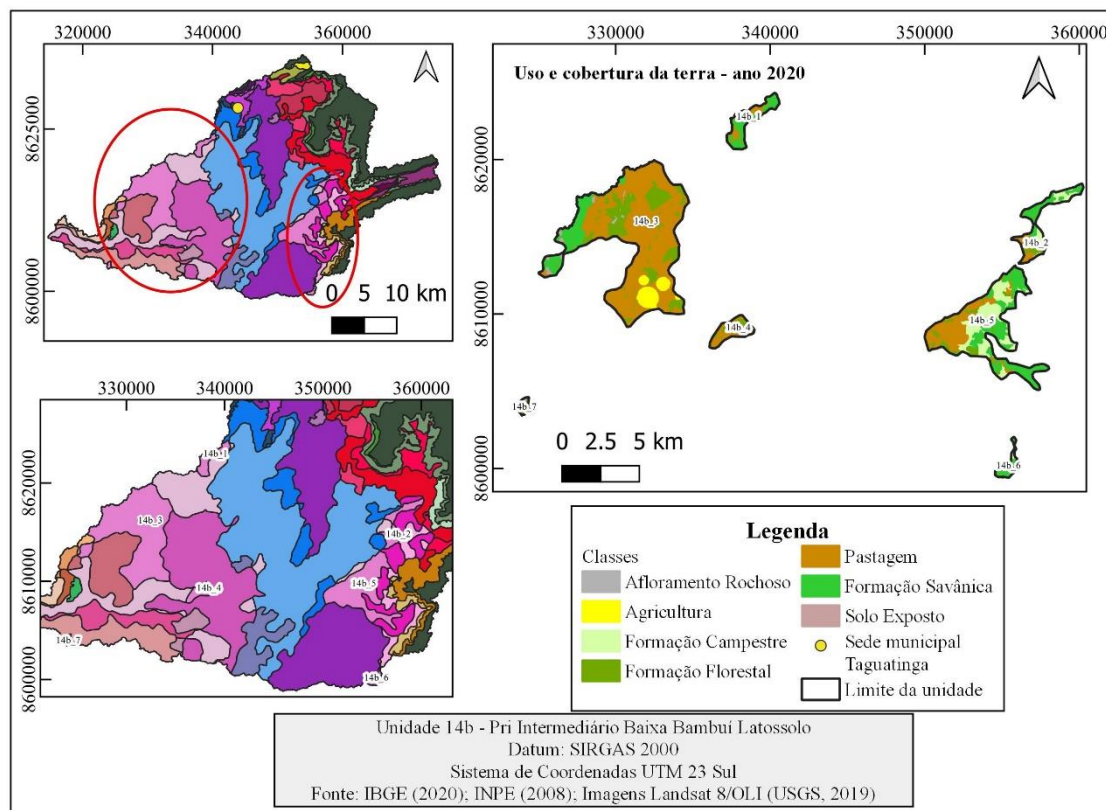
7.1.25 Unidade 14b – Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo

Na unidade geocológica 14b, predomina o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em sete áreas (Figura 73). A unidade 14b_1 (3,979 km² ou 0,36%) possui duas classes referentes ao uso e à cobertura da terra, a classe pastagem (54%) e a Formação Savânica (46%). Na unidade 14b_2 (5,388 km² ou 0,49%), identificaram-se as classes de cobertura vegetal nativa como Formação Savânica (34%), Formação Campestre (32%), Formação Florestal (15%) e pastagem (19%). Na unidade 14b_3 (47,242 km² ou 4,28%), verificou-se presença da classe pastagem (57%) e agricultura (7%), afloramento rochoso (1%), Formação Florestal (25%) e Formação Savânica (10%). Na unidade 14b_4 (2,931 km² ou 0,27%), identificou-se a classe pastagem (48%), afloramento rochoso (1%) e Formação Florestal (51%). Na unidade 14b_5 (21,730 km² ou 1,97%), predominam as classes de cobertura vegetal nativa como Formação Campestre (35%), Formação Savânica (28%) e Formação Florestal (13%) e pastagem (24%). Na unidade 14b_6 (1,082 km² ou 0,10%), tem-se Formação Savânica (65%), Formação Campestre (21%), Formação Florestal (3%) e pastagem (11%). Na unidade 14b_7 (0,604 km² ou 0,05%), predominam afloramento rochoso (68%), Formação Florestal (31%) e pastagem (1%). A combinação entre declividade e tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem e agricultura altera os fluxos de energia e

matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.

Na unidade 14b_1, identificou-se uma dolina. Nas unidades 14b_3, 14b_4 e 14b_7, tem-se maciço de afloramento de rochas carbonáticas. Na unidade 14b_5, tem-se maciço de afloramento e uma lagoa. Na unidade 14b_2, está presente um ponto no ribeirão Sobradinho, muito utilizado nos fins de semana para lazer da população local.

Figura 73 – Mapa da unidade 14b



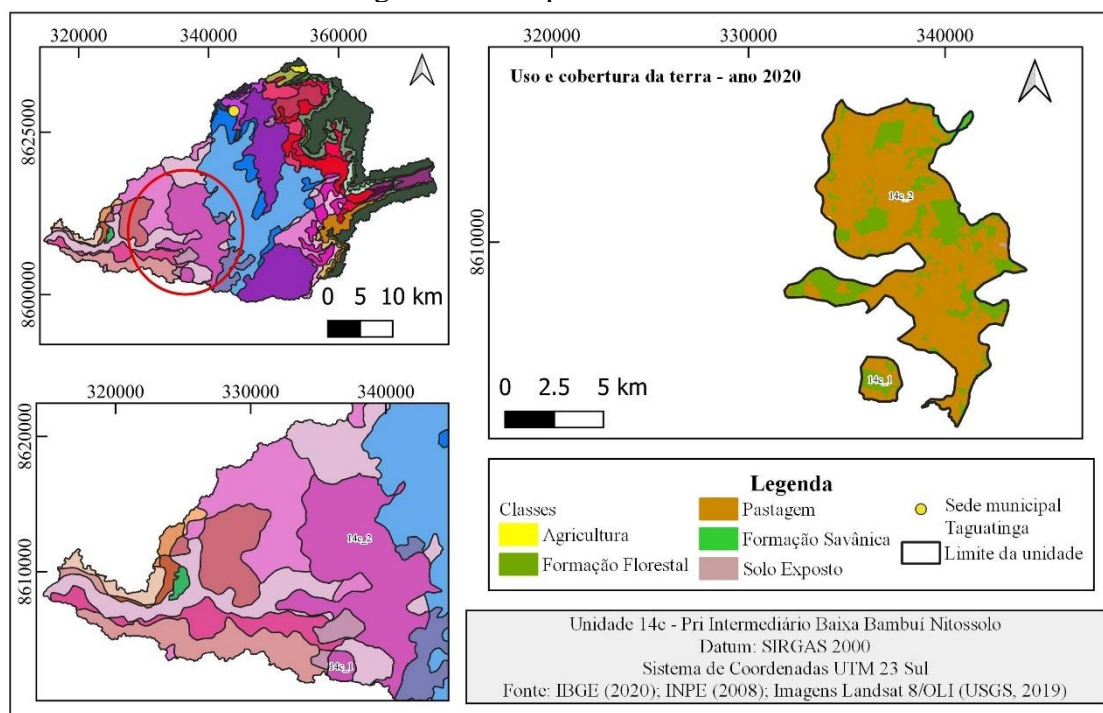
7.1.26 Unidade 14c – Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo

Na unidade geocológica 14c, predomina o Nitossolo, que apresenta textura argilosa, medianamente profunda, e boa capacidade de drenagem. Caso esse tipo de solo esteja em declive aplainado, torna-se possível a prática da agricultura, entretanto, em áreas com declive acentuado, o solo pode tornar-se suscetível à erosão. Essa unidade apresenta repetição em duas áreas (Figura 74). Em relação ao uso e à cobertura da terra, a unidade 14c_1 (4,000 km² ou 0,36%) possui a classe pastagem (46%) e Formação Florestal (54%). Na unidade 14c_2 (83,975 km² ou 7,61%), tem-se a classe pastagem (65%) e Formação Florestal (35%). A combinação entre declividade e tipo de solos apresenta nível médio de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura

vegetal por pastagens acelera os processos erosivos e aumenta a fragilidade ambiental. É necessária a manutenção da vegetação para a estabilidade ambiental da unidade.

Na unidade 14c_1, está presente uma dolina e, na unidade 14c_2, tem cadastrada uma caverna pelo CECAV, a Gruta do Elefante, e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.

Figura 74 – Mapa da unidade 14c



7.1.27 Unidade 14d – Pri Intermediário Baixa CDL Cambissolo

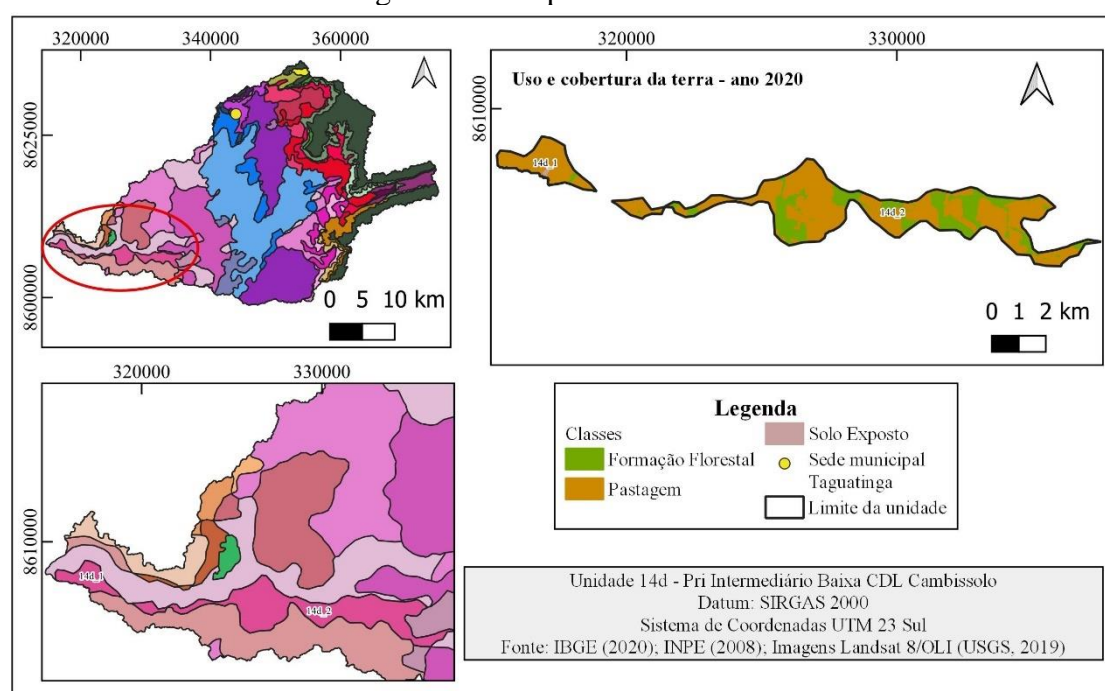
As unidades 14d, 14e, 14f e 14g apresentam semelhança referente às características geomorfológicas, declividade, altitude e litologia, diferenciando-se quanto ao tipo de solos e uso e cobertura da terra.

Caracterizam-se por superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, e a altitude baixa, entre 363,77 e 600 metros. Está presente a Cobertura Detrito-Laterítica, constituída por material proveniente de intemperismo das rochas subjacentes, com textura areno-argilosa.

Na unidade geocológica 14d, está presente o Cambissolo, considerado solo jovem e pouco profundo, com alta suscetibilidade à erosão, necessitando de técnicas

aplicadas e manejo da terra. Essa unidade apresenta repetição em duas áreas (Figura 75). Quanto ao uso e à cobertura da terra, a unidade 14d_1 (3,066 km² ou 0,28%) tem a classe pastagem (95%), solo exposto (1%) e Formação Florestal (4%). Na unidade 14d_2 (18,790 km² ou 1,70%), identificaram-se a classe pastagem (64%) e Formação Florestal (36%). A combinação entre declividade e tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade, que pode ser potencializada pela remoção da vegetação e substituição pela pastagem. A manutenção da cobertura vegetal protege o solo, mantém a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade do ambiente.

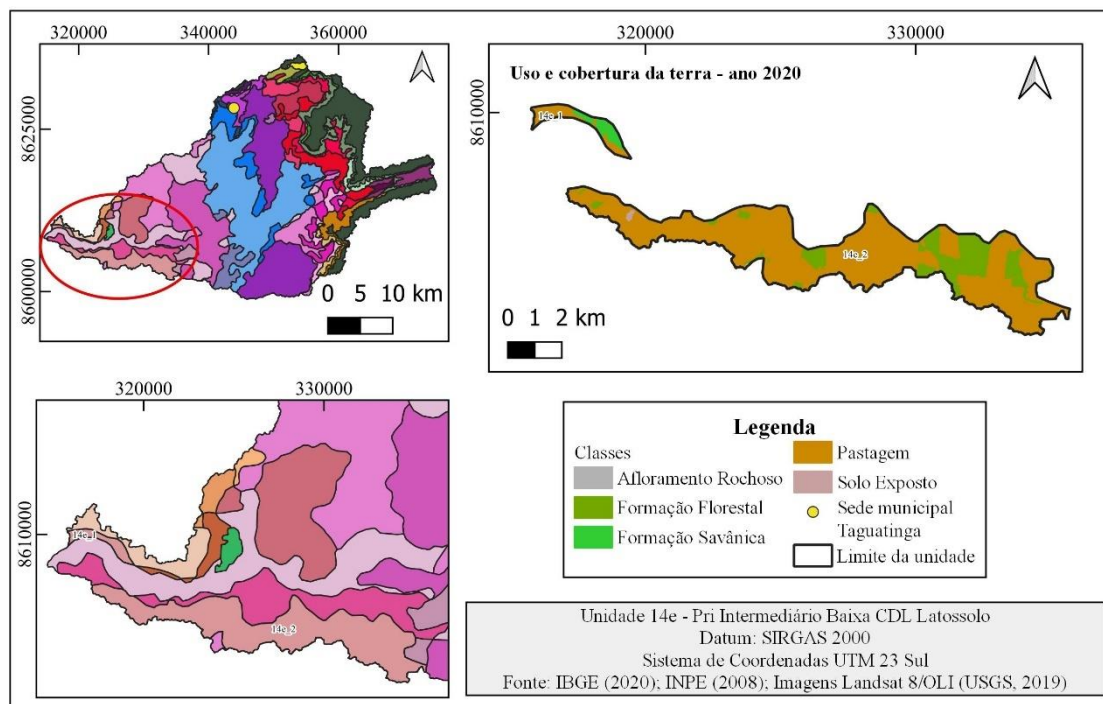
Figura 75 – Mapa da unidade 14d



7.1.28 Unidade 14e – Pri Intermediário Baixa CDL Latossolo

Na unidade geocológica 14e, está presente o Latossolo, considerado solo profundo, com alta permeabilidade à água e passível de utilização com culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento. Nessa unidade, há repetição em duas áreas (Figura 76). Em relação ao uso e à cobertura da terra, a unidade 14e_1 (1,942 km² ou 0,18%) apresenta a classe pastagem (68%) e a Formação Florestal (32%). Na unidade 14e_2 (31,466 km² ou 2,85%), predomina a classe pastagem (79%) e a Formação Florestal (21%). A combinação entre declividade e tipo de solos apresenta baixo nível de fragilidade potencial. A manutenção da cobertura vegetal nativa contribui para o equilíbrio ambiental dessa unidade.

Figura 76 – Mapa da unidade 14e

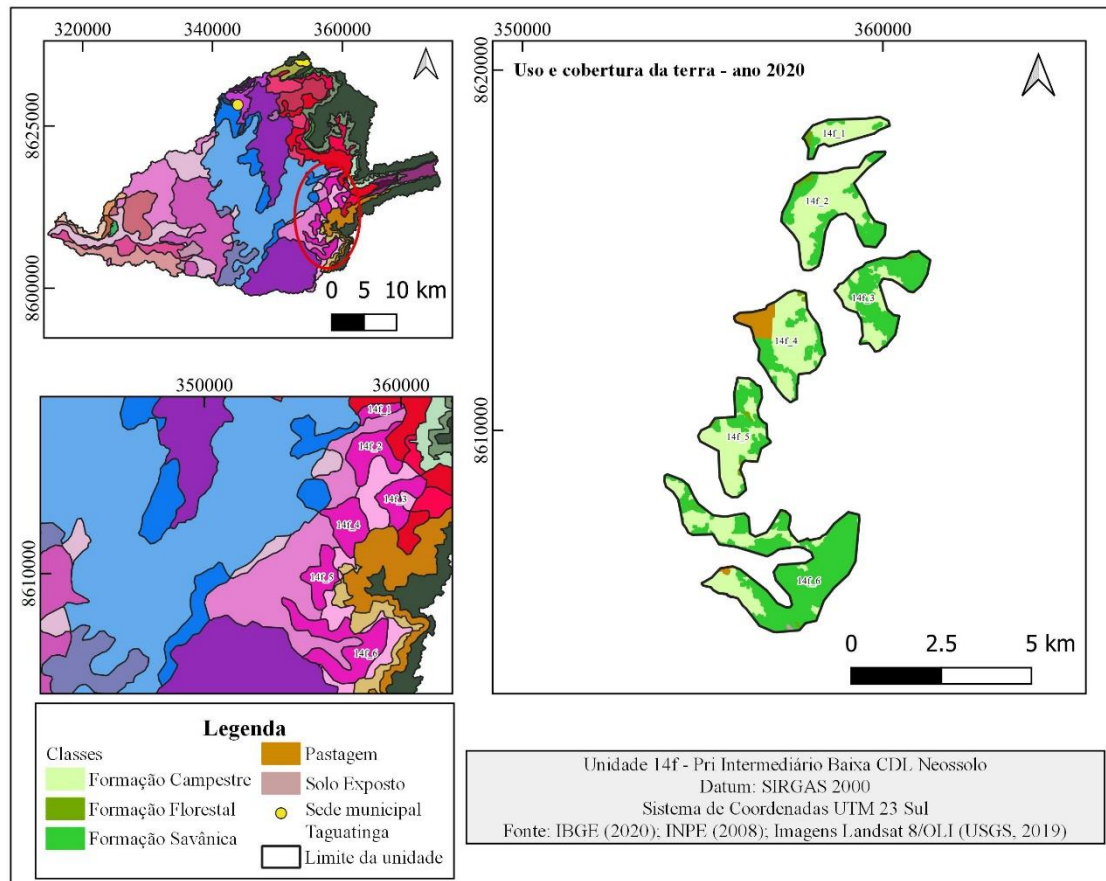


7.1.29 Unidade 14f – Pri Intermediário Baixa CDL Neossolo

Na unidade geocológica 14f, está presente o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em seis áreas (Figura 77). Em relação ao uso e à cobertura da terra, na unidade 14f_1 (1,316 km² ou 0,12%), identificaram-se Formação Campestre (80%), Formação Savânica (14%) e Formação Florestal (6%). Na unidade 14f_2 (4,361 km² ou 0,40%), tem-se as classes de cobertura vegetal nativa, Formação Campestre (67%), Formação Savânica (30%) e Formação Florestal (3%). Na unidade 14f_3 (3,351 km² ou 0,30%), está presente a Formação Savânica (62%), a Formação Campestre (37%) e a Formação Florestal (1%). Na unidade 14f_4 (4,074 km² ou 0,37%), verificaram-se Formação Campestre (64%), Formação Savânica (20%), pastagem (15%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 14f_5 (3,150 km² ou 0,29%), tem-se Formação Campestre (69%), Formação Savânica (28%) e Formação Florestal (3%). Na unidade 14f_6 (8,434 km² ou 0,76%), o uso divide-se em Formação Savânica (64%), Formação Campestre (34%), Formação Florestal (1%) e pastagem (1%). A combinação das características físicas como declividade e tipo de solos eleva o nível de fragilidade ambiental da unidade, conforme apontado no item 7.1.27.

Na unidade 14f_3, está localizado um atrativo turístico na abrangência da bacia do rio Sobrado, o Poço dos Amores.

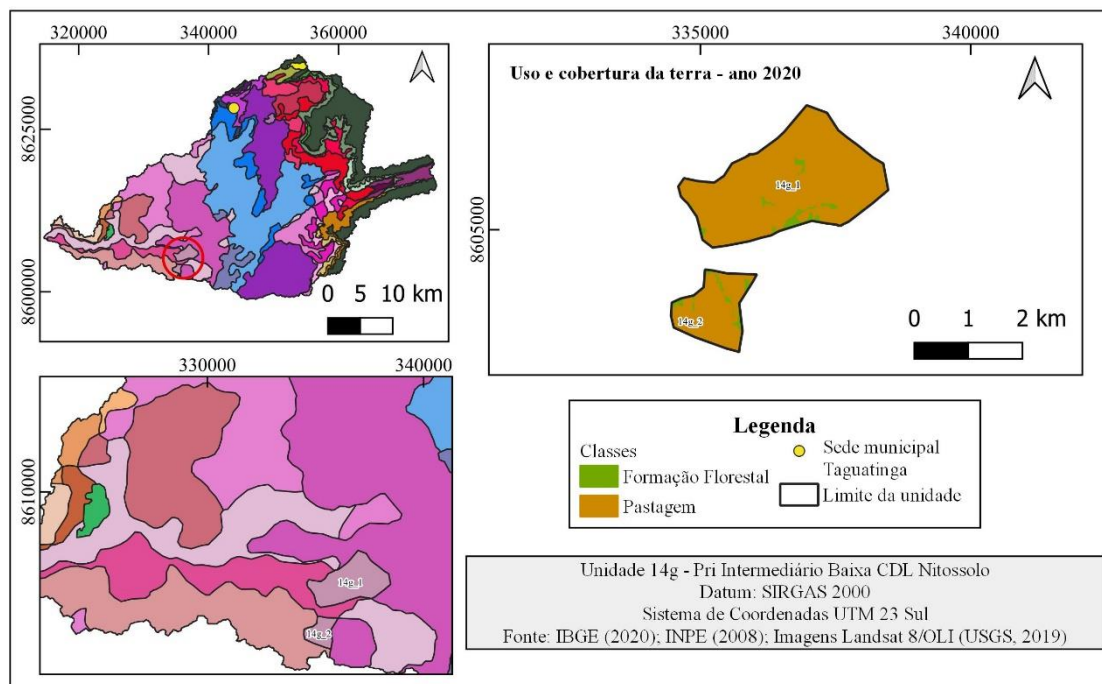
Figura 77 – Mapa da unidade 14f



7.1.30 Unidade 14g – Pri Intermediário Baixa CDL Nitossolo

Na unidade geocológica 14g, está presente o Nitossolo, que apresenta textura argilosa, medianamente profundo, e boa capacidade de drenagem. Caso esse tipo de solo esteja em declive aplainado, torna-se possível a prática da agricultura, entretanto, em áreas com declive acentuado, o solo pode tornar-se suscetível à erosão. Essa unidade apresenta repetição em duas áreas (Figura 78). Quanto ao uso e à cobertura da terra, na unidade 14g_1 (5,512 km² ou 0,50%), identificaram-se a classe pastagem (95%) e a Formação Florestal (5%). Na unidade 14g_2 (1,427 km² ou 0,13%), encontra-se presente a classe pastagem (86%) e a Formação Florestal (14%). A declividade e tipo de solos eleva o nível de fragilidade potencial, que possibilitou o avanço das atividades humanas, em detrimento da área de cobertura vegetal nativa, comprometendo assim, a estabilidade ambiental da unidade.

Figura 78 – Mapa da unidade 14g

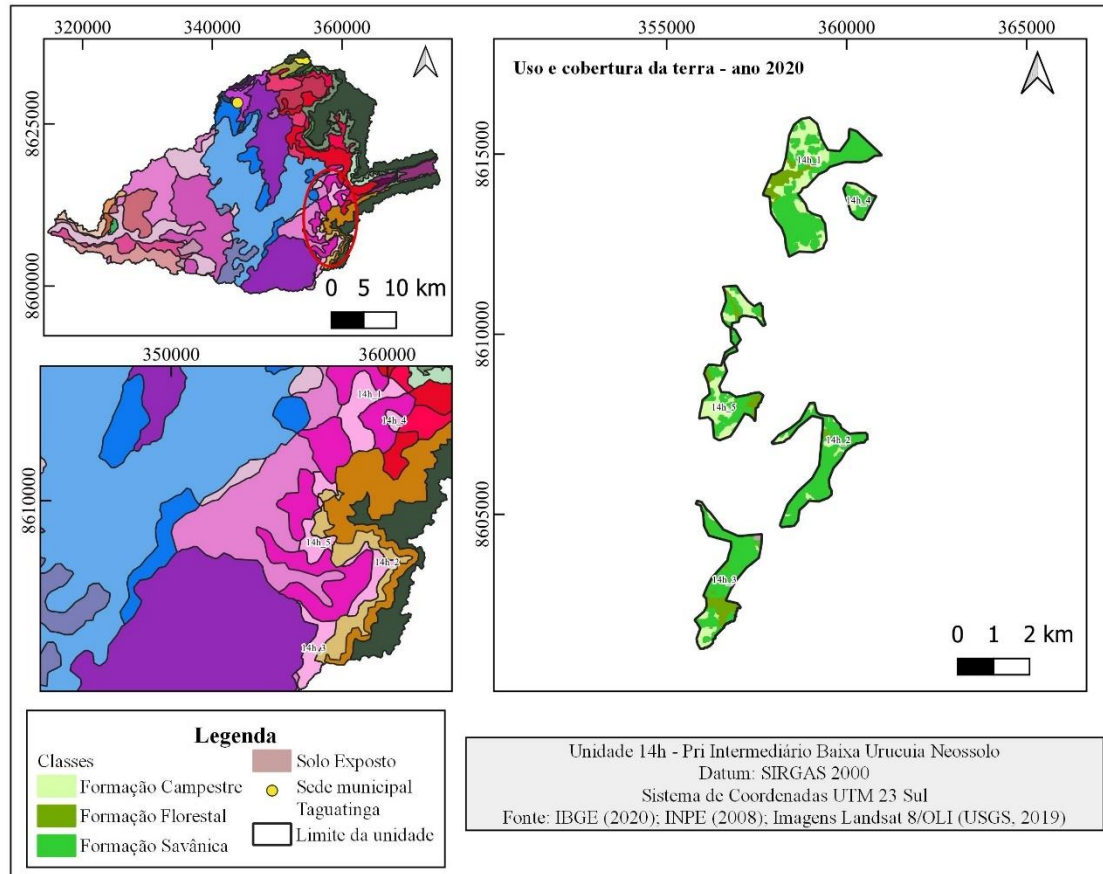


7.1.31 Unidade 14h – Pri Intermediário Baixa Urucuia Neossolo

A unidade geocológica 14h é caracterizada pela presença da superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos. A declividade é intermediária, varia entre 20 e 45%, e a altitude baixa, entre 363,77 e 600 metros. Está presente o Grupo Urucuia, formado por arenitos, associado ao Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em cinco áreas (Figura 79). Em relação ao uso e à cobertura da terra, na unidade 14h_1 (4,706 km² ou 0,43%), identificaram-se classes de cobertura vegetal nativa representada por Formação Savânica (54%), Formação Campestre (37%) e Formação Florestal (9%). Na unidade 14h_2 (2,289 km² ou 0,21%), encontram-se Formação Savânica (81%), Formação Campestre (15%) e Formação Florestal (4%). Na unidade 14h_3 (2,695 km² ou 0,24%), estão presentes as classes Formação Savânica (61%), Formação Florestal (23%), Formação Campestre (15%) e solo exposto (1%). Na unidade 14h_4 (0,559 km² ou 0,05%), o uso divide-se em Formação Savânica (67%) e Formação Campestre (33%). Na unidade 14h_5 (2,651 km² ou 0,24%), as classes presentes são Formação Campestre (48%), Formação Savânica (37%) e Formação Florestal (15%). A combinação entre declividade, litologia e tipo de solos eleva o nível de suscetibilidade à

ocorrência de processos erosivos, por isso, a manutenção da cobertura vegetal nativa é fundamental para a estabilidade da unidade.

Figura 79 – Mapa da unidade 14h

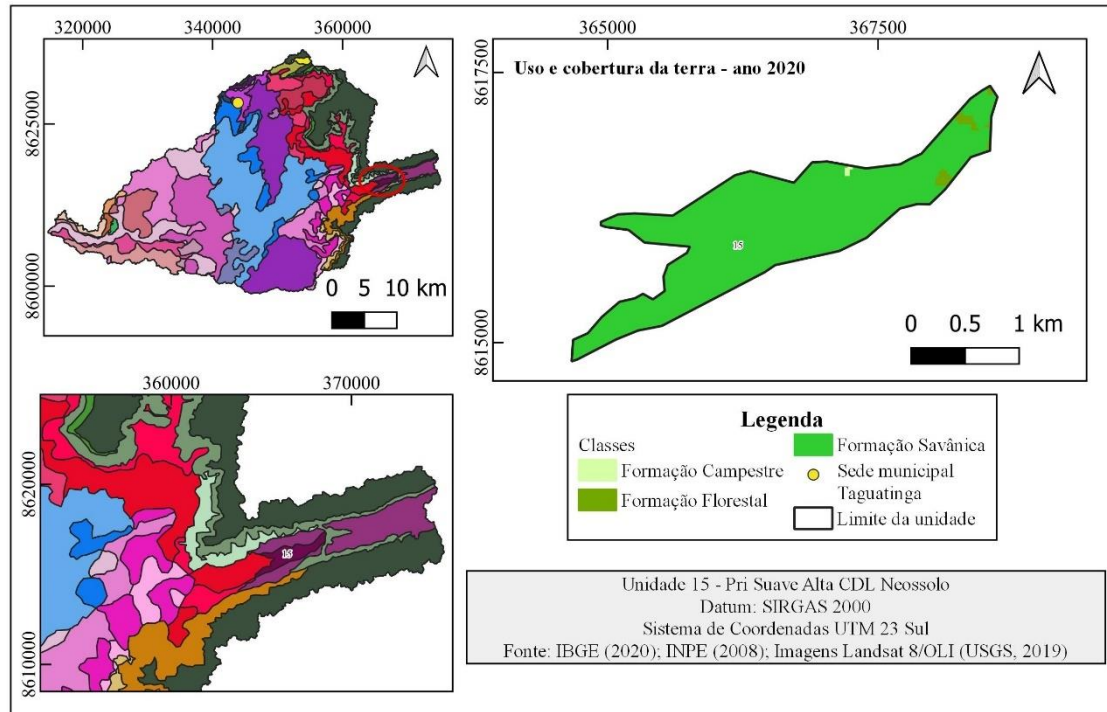


7.1.32 Unidade 15 – Pri Suave Alta CDL Neossolo

A unidade geocológica 15 é caracterizada pela superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos (Figura 80). A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude alta, entre 800 e 934 metros. Está presente a Cobertura Detrito-Laterítica, constituída por material proveniente de intemperismo das rochas subjacentes, com textura areno-argilosa. Está associada ao Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola, além de alto nível de suscetibilidade à erosão. Possui uma área equivalente a 2,604 km² (0,24%). Em relação ao uso e à ocupação das terras, identificaram-se as classes de cobertura vegetal nativa como Formação Savânica (98%) e Formação Florestal (2%). Observa-se uma unidade com cobertura vegetal preservada. O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à erosão.

Por isso, é fundamental manutenção da cobertura vegetal, conforme apontado no item 7.1.27.

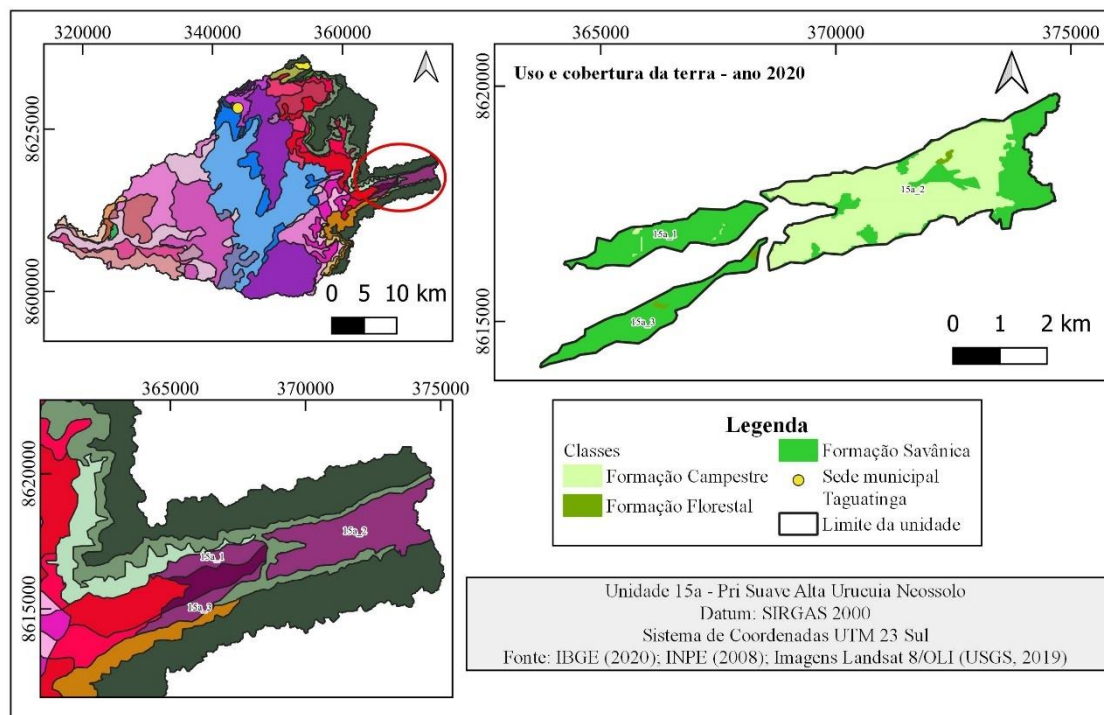
Figura 80 – Mapa da unidade 15



7.1.33 Unidade 15a – Pri Suave Alta Urucua Neossolo

A unidade geocológica 15a é caracterizada pela presença de superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude alta, entre 800 e 934 metros. Está presente o Grupo Urucua, formado por arenitos, associado ao Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para o uso agrícola. Essa unidade apresenta repetição em três unidades (Figura 81). Em relação ao uso e à ocupação das terras, na unidade 15a_1 (2,357 km² ou 0,21%), identificaram-se as classes de cobertura vegetal nativa como Formação Savânica (95%), Formação Campestre (4%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 15a_2 (9,895 km² ou 0,90%), tem-se Formação Campestre (75%) e Formação Savânica (25%). Na unidade 15a_3 (2,065 km² ou 0,19%), foi possível observar Formação Savânica (95%) e Formação Florestal (5%). As unidades possuem cobertura vegetal nativa preservada, entretanto a combinação entre litologia, tipo de solo e altitude eleva o nível de fragilidade potencial diante da suscetibilidade à erosão.

Figura 81 – Mapa da unidade 15a



7.1.34 Unidade 16 – Pri Suave Média Bambuí Gleissolo

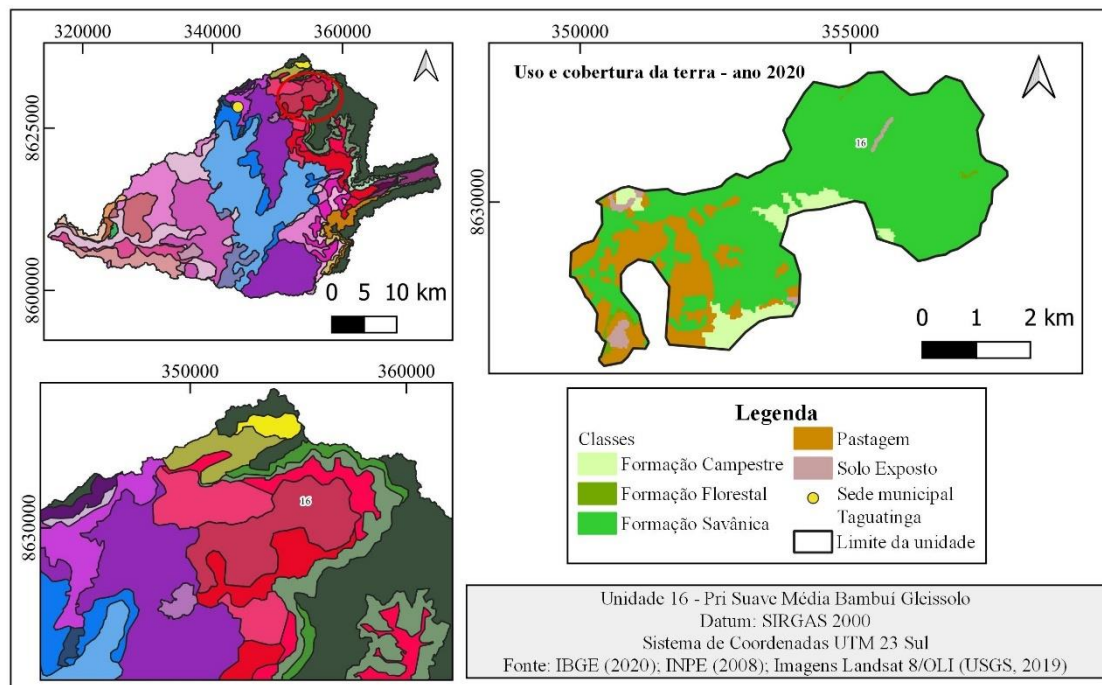
As unidades geocológicas 16 e 16a possuem características semelhantes quanto à geomorfologia, à declividade, à altitude e à geologia, diferenciando-se em relação ao tipo de solos e ao uso e cobertura da terra.

Caracterizam-se pela presença da superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude média, entre 600 e 800 metros. Está presente o Grupo Bambuí, que litologicamente compreende calcários, calcários dolomíticos, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos arcóseos e os termos intermediários entre essas litologias.

Na unidade geocológica 16, está presente o Gleissolo, tipo de solo situado em várzeas, que permanecem úmidas na maior parte do ano, com lençol freático elevado (Figura 82). A área possui 19,765 km² (1,79%). Quanto ao uso e à cobertura da terra, verificou-se presença da classe pastagem (19%), solo exposto (1%), Formação Savânica (71%), Formação Campestre (8%) e Formação Florestal (1%). A combinação entre tipo de solo, altitude e litologia aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade diante da suscetibilidade à erosão, entretanto a preservação da cobertura vegetal nativa pode

minimizar esse impacto e contribuir para a manutenção dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos.

Figura 82 – Mapa da unidade 16

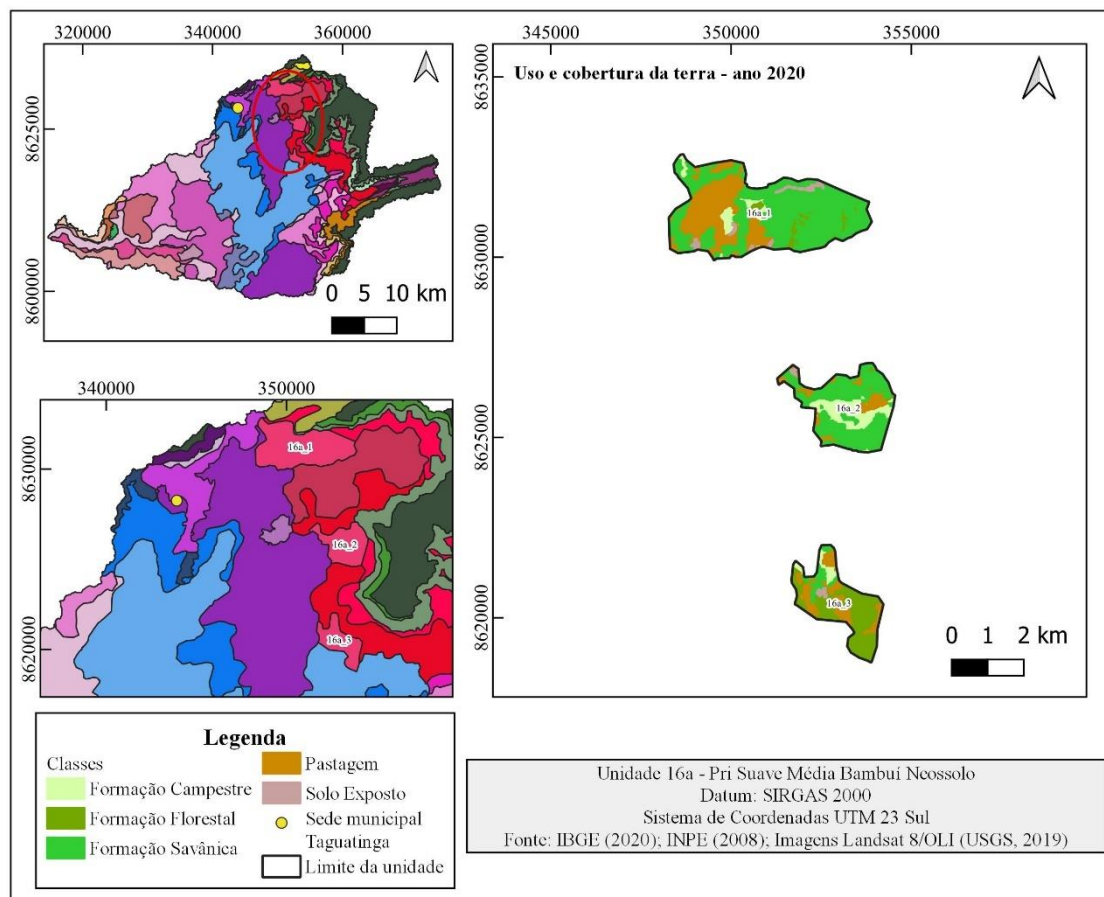


7.1.35 Unidade 16a – Pri Suave Média Bambuí Neossolo

Na unidade geocológica 16a, está presente o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para uso agrícola, além de alta suscetibilidade à erosão. Essa unidade apresenta repetição em três unidades (Figura 83). Em relação ao uso e à ocupação das terras, na unidade 16a_1 (10,524 km² ou 0,95%), identificaram-se as classes de pastagem (31%), solo exposto (2%), Formação Savânica (57%), Formação Campestre (6%) e Formação Florestal (4%). Na unidade 16a_2 (4,679 km² ou 0,42%), foi possível observar as classes de pastagem (14%), solo exposto (1%), Formação Savânica (58%), Formação Campestre (24%) e Formação Florestal (3%). Na unidade 16a_3 (3,627 km² ou 0,33%), encontram-se as classes de pastagem (21%), solo exposto (1%), Formação Florestal (62%), Formação Savânica (8%) e Formação Campestre (8%). A declividade possibilitou a ocupação antrópica por meio da substituição da cobertura vegetal por pastagens, entretanto pode favorecer a ocorrência de processos erosivos e aumentar a fragilidade ambiental da unidade. A manutenção da cobertura vegetal exerce papel importante para conservação dos recursos naturais e serviços ecossistêmicos.

Na unidade 16a_1, tem-se a presença de afloramento de rochas carbonáticas.

Figura 83 – Mapa da unidade 16a



7.1.36 Unidade 16b – Pri Suave Média CDL Neossolo

As unidades geológicas 16b e 16c possuem semelhança em relação às características geomorfológicas, declividade, altitude e tipo de solos, diferenciando-se em relação a litologia e uso e cobertura da terra.

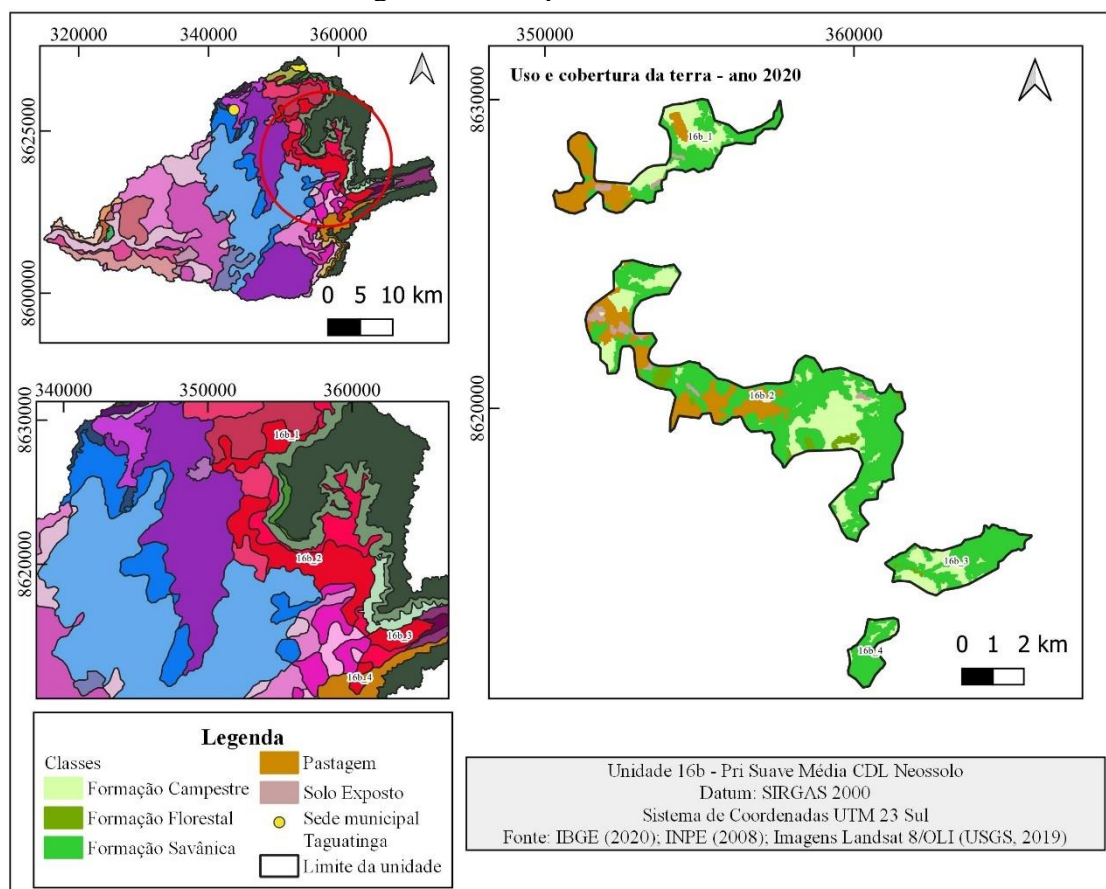
Caracterizam-se pela presença da superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, processos que podem originar sistemas de planos inclinados, às vezes, levemente côncavos. A declividade é suave, varia entre 0 e 20%, e a altitude média, entre 600 e 800 metros. Está presente o Neossolo, tipo de solo jovem e pouco desenvolvido, com limitações para uso agrícola, além de alta suscetibilidade à erosão.

Na unidade geológica 16b, está presente a Cobertura Detrito-Laterítica, constituída por material proveniente de intemperismo das rochas subjacentes, a sua composição possui textura areno-argilosa. Essa unidade apresenta repetição em quatro áreas (Figura 84). Em relação ao uso e à cobertura da terra, na unidade 16b_1 (8,182 km² ou 0,74%), verificaram-se as classes de pastagem (33%), solo exposto (2%), Formação

Savânica (32%), Formação Campestre (31%) e Formação Florestal (2%). Na unidade 16b_2 (24,267 km² ou 2,20%), foi possível identificar a classe pastagem (18%), solo exposto (2%), Formação Savânica (50%), Formação Campestre (26%) e Formação Florestal (4%). Na unidade 16b_3 (5,168 km² ou 0,47%), identificaram-se apenas classes referentes à cobertura vegetal nativa como Formação Savânica (63%), Formação Campestre (35%) e Formação Florestal (2%). Na unidade 16b_4 (1,898 km² ou 0,17%), as classes presentes são Formação Savânica (83%) e Formação Campestre (17%). As condições de relevo suave possibilitam desenvolvimento das pastagens, entretanto o tipo de solo apresenta alto nível de fragilidade potencial que pode ser acentuado diante da conversão das áreas de cobertura vegetal nativa em pastagem. A manutenção da cobertura vegetal é essencial para a estabilidade do ambiente, conforme apontado no item 7.1.35.

Na unidade 16b_3, está presente um importante atrativo turístico do município, a Cachoeira do Registro, além das instalações de uma pequena central hidrelétrica no rio Sobrado, a PCH Sobrado.

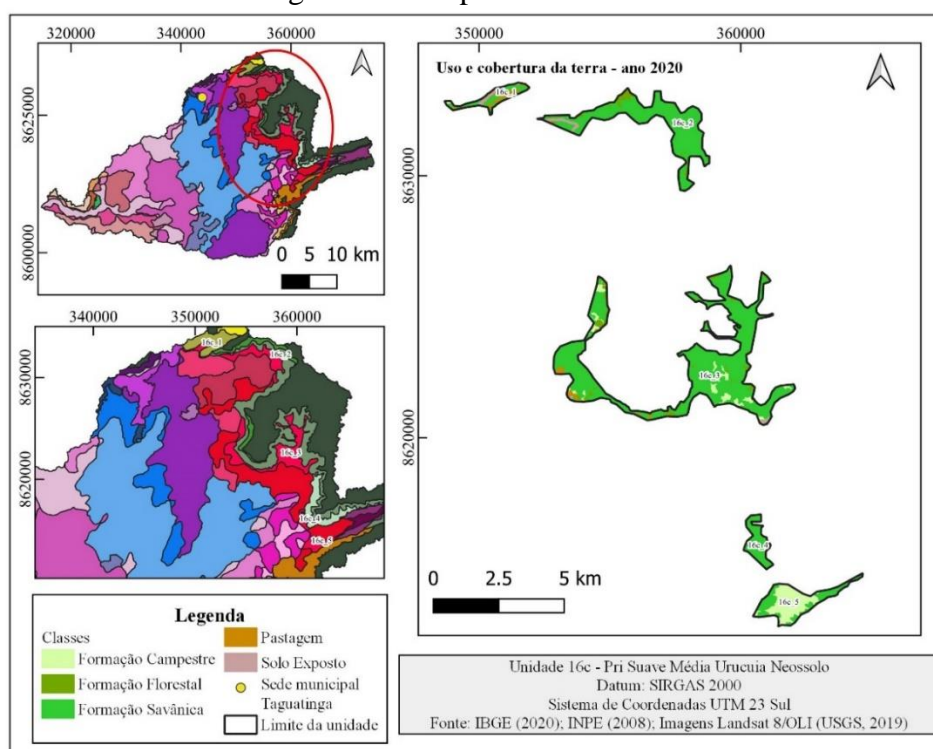
Figura 84 – Mapa da unidade 16b



7.1.37 Unidade 16c – Pri Suave Média Urucua Neossolo

Na unidade geocológica 16c, está presente o Grupo Urucua, formado por arenitos. Essa unidade apresenta repetição em cinco áreas (Figura 85). Quanto ao uso e à cobertura da terra, na unidade 16c_1 (1,108 km² ou 0,10%), identificaram-se a classe pastagem (42%), solo exposto (6%), Formação Savânica (48%), Formação Campestre (3%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 16c_2 (5,630 km² ou 0,51%), foi possível verificar a classe solo exposto (2%), Formação Savânica (86%) e Formação Florestal (12%). Na unidade 16c_3 (12,895 km² ou 1,17%), observou-se a presença da classe pastagem (2%), Formação Savânica (78%), Formação Florestal (10%) e Formação Campestre (10%). Na unidade 16c_4 (1,124 km² ou 0,10%), foram identificadas apenas classes referentes à cobertura vegetal nativa, como Formação Savânica (92%), Formação Florestal (7%) e Formação Campestre (1%). Na unidade 16c_5 (2,701 km² ou 0,24%), identificaram-se as classes Formação Campestre (66%) e Formação Savânica (34%). As unidades estão situadas abaixo das áreas de escarpa da Serra Geral, porém a declividade suave possibilita conversão de áreas de vegetação nativa em pastagem, e o tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à erosão, sugerindo manutenção da cobertura vegetal para minimizar os impactos e conservar a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade do ambiente.

Figura 85 – Mapa da unidade 16c



7.2 Diagnóstico geocológico das unidades da paisagem da bacia do rio Sobrado

A elaboração de um diagnóstico geocológico de uma paisagem precisa contemplar o entendimento de sua estrutura e dinâmica (Quadro 17), tendo em vista que a paisagem é reflexo da manifestação de aspectos físico-naturais e humanos, em constante interação, e que sofrem ações interativas variáveis no tempo e no espaço (Cavalcanti, 2018; Oliveira; Souza, 2013; Rodriguez; Silva; Cavalcanti, 2022).

Nessa perspectiva, é importante considerar que, nos divisores da bacia do rio Sobrado, se encontra a Serra Geral, situada nos limites dos estados do Tocantins e da Bahia. As condições geomorfológicas na área do topo do Chapadão Ocidental Baiano, como o declive suave associado ao Latossolo, possibilitaram desenvolvimento da agricultura de *commodities*, como a soja e o milho (Figura 86).

Figura 86 – Áreas com prática de agricultura no topo do Chapadão Ocidental Baiano



Fonte: Autora (2021).

A unidade geocológica 13 predomina no topo da Serra Geral com repetição em quatro áreas distintas, e a ocorrência da unidade geocológica 12 em duas áreas distintas. Conforme verificado por Oliveira (2019), os terrenos com declives inferiores a 20%, associados à presença de Latossolo, apresentam potencial favorável para o desenvolvimento da agricultura.

As condições altimétricas que caracterizam a bacia do rio Sobrado variam de altitudes entre 363 e 934 metros. A prática da agricultura extensiva ocorre na parte mais alta da bacia, por isso a realização dessas atividades pode provocar impactos negativos na qualidade ambiental das outras unidades geocológicas localizadas nas áreas mais baixas.

Nesse sentido, a combinação entre amplitude altimétrica e declive acentuado contribui para aumento da velocidade do escoamento superficial, refletindo na suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos durante a época das chuvas, fato que

chama a atenção para a necessidade de conservação da vegetação nativa para minimizar esses efeitos (Crepani *et al.*, 2001).

Foi possível visualizar, no mapa de precipitação (Figura 5), que os maiores índices pluviométricos foram identificados na parte mais alta da bacia, e esse fator combinado com a amplitude altimétrica e a declividade potencializa ocorrência de processos erosivos e assoreamento das nascentes.

Além disso, o topo do planalto do Chapadão Ocidental Baiano representa uma zona de recarga para o importante aquífero Urucuia, que abastece a rede de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Tocantins e São Francisco. Assim, o uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura dessa região pode acarretar, em longo prazo, uma irreversível contaminação dos aquíferos intergranular e cárstico conectados, com severos prejuízos para o sistema ambiental e a saúde pública (Dantas *et al.*, 2019).

O topo do planalto encontra-se separado das superfícies aplainadas e do carste por escarpas, área em que estão localizadas diversas nascentes. Por isso torna-se essencial conservação da vegetação e adoção de práticas mais sustentáveis da atividade de agricultura para minimizar ações de degradação nas áreas mais baixas (Dantas *et al.*, 2019).

Um exemplo se trata do episódio de desmoronamento ocorrido na Serra Geral em novembro de 2022 (Figura 87), em função da construção de canais para o desvio de enxurradas, que provocaram abertura de uma imensa cratera e carregamento de areia e lama, promovendo assoreamento da nascente do rio São Gonçalo em Taguatinga (Miranda, 2022).

Figura 87 – Desmoronamento ocorrido em novembro de 2023 na Serra Geral



Fonte: Miranda (2022).

As unidades geológicas identificadas nas áreas de escarpas da Serra Geral e da Serra de Taguatinga (6, 12a, 11a, 4, 3, 15a e 16c) encontram-se preservadas, mantendo a predominância da cobertura vegetal nativa, importante para proteger o solo, os recursos hídricos e a biodiversidade (Figura 88). Todas estão associadas ao Grupo Urucuiá em áreas de Neossolo e apresentam alto nível de fragilidade potencial para ocorrência de processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001).

Figura 88 – Imagens das áreas de escarpa da Serra de Taguatinga e Serra Geral



Fonte: Autora (2023, 2021).

Observou-se que as unidades geológicas caracterizadas pela presença do Grupo Urucuiá representam 35,13% do total das unidades identificadas.

Por outro lado, nas unidades geológicas 1, 2, 14f, 14h, 16, 16a, 16b e 16c, próximas à área de escarpa, verificou-se avanço das atividades de pecuária. Isso deve estar relacionado às condições naturais como a declividade, que favoreceram a ocupação (Figura 89). Na maioria dessas unidades, a ocupação predominante se refere à vegetação nativa, o que contribui para manutenção da estabilidade ambiental e processos ecológicos.

Figura 89 – Áreas antropizadas e com vegetação nas proximidades da Serra Geral



Fonte: Autora (2021).

Na área da bacia do rio Sobrado, foram identificadas oito unidades geológicas correlacionadas à Cobertura Detrito-Laterítica, representando 21,62%, destas quatro estão situadas nas proximidades da Serra Geral e associadas ao Neossolo e à declividade

suave (8a, 14f, 15 e 16b), apenas a unidade 15 apresenta declividade intermediária. As características físicas possibilitam desenvolvimento da atividade predominante na bacia, entretanto requer atenção as práticas de manejo adequadas e manutenção da vegetação nativa, a fim de minimizar possíveis impactos negativos.

A unidade 8a encontra-se totalmente antropizada, por estar mais próxima da área urbana do município de Taguatinga e da rodovia estadual TO-110, com facilidade de acesso. As unidades 14f, 15 e 16b, por estarem nas proximidades da Serra Geral, apresentam pequenos níveis de ocupação das atividades humanas e ainda conservam percentuais superiores a 60% da cobertura vegetal.

Já as unidades 5c, 14d, 14e e 14g estão localizadas na área do baixo curso e com características favoráveis ao desenvolvimento de pastagens, como declividade e solos (Latossolo, Cambissolo e Nitossolo). Há altos níveis de ocupação antrópica em todas essas unidades, com percentuais superiores a 60%, com consequente diminuição de áreas de vegetação nativa, afetando o equilíbrio ambiental.

Nos médio e baixo cursos da bacia, estão presentes os modelados geomorfológicos homogêneo tabular, pediplano retocado inumado, carste coberto e descoberto associado ao Grupo Bambuí, representando 43,24% das unidades. Essa formação geológica se distribui por grande parte da área de estudo e comporta a maioria das feições cársticas e com presença de maciços de afloramento de rochas carbonáticas.

À medida que se afasta da Serra Geral, mais próximo da região central da bacia, ocorre uma divisão de ambientes, com aparecimento do sistema cárstico, caracterizado por formas como dolinas, cavernas, sumidouros, surgências, maciços de afloramento de rochas carbonáticas. Com isso, nota-se alteração do relevo e dos componentes da paisagem (Figura 90).

Figura 90 – Imagens da paisagem próxima da Serra Geral, figura à direita, e aparecimento dos maciços de afloramento de rochas carbonáticas, figura à esquerda



Fonte: Autora (2022).

As unidades geológicas 7 e 8 abrigam a área urbana do município de Taguatinga (Figura 91), o que chama a atenção para o planejamento das atividades, em busca de minimizar os impactos negativos advindos dessa ocupação sobre as áreas cársticas. Esse cenário demanda ordenação do uso do solo com o objetivo de evitar poluição e degradação ambiental, como disposição irregular de resíduos sólidos e inexistência do tratamento de efluentes, que podem contribuir para contaminação das águas subterrâneas, além da exposição da população a risco de acidentes, em virtude da fragilidade do substrato geológico (De Waele *et al.*, 2011; Pereira; Valadão, 2018).

Figura 91 – Área urbana do município de Taguatinga - Tocantins



Fonte: Autora (2022).

Ao analisar as unidades geológicas, com a presença de feições cársticas, 3, 5, 7, 9, 9a, 9b, 10, 11, 14, 14b, 14c e 16a, identificou-se que na maioria ocorrem atividades humanas, com destaque para a pecuária. A maior parte das unidades geológicas com feições cársticas apresenta declive suave, que varia de 0 a 20%, favorecendo implantação de atividades agropecuárias.

A expansão das atividades agropecuárias promove retirada da vegetação natural. Foi possível verificar que, na maior parte das unidades geológicas delimitadas, há a classe pastagem, o que indica substituição da vegetação por esse uso. E isso promove desequilíbrio no ambiente natural, reflete na fertilidade, na estrutura e na resistência do solo à erosão pluvial, diminui a taxa de infiltração e, conseqüentemente, aumenta o escoamento das águas pluviais (Ross, 2019).

Por se tratar de uma bacia hidrográfica, qualquer modificação inserida em seu contexto, seja por ação natural ou humana, interfere em sua dinâmica. Por ser uma área inserida em ambiente cárstico, a retirada da vegetação nativa e a substituição por outros usos promovem mudanças no regime hidrológico, tanto na drenagem superficial como do carste, pois estes encontram-se conectados e afetam a taxa de recarga dos aquíferos (Gillieson; Thurgate, 1999; Medeiros; Pinto; Alves, 2021).

Além disso, em áreas com a prática de agricultura, pode ocorrer poluição dos cursos d'água em função do transporte de resíduos provenientes do uso de fertilizantes, adubos e agrotóxicos (Medeiros; Pinto; Alves, 2021). E outro impacto se trata da ausência do saneamento básico, representado por esgoto clandestino e despejo de resíduos sólidos nas margens de córregos, rios e nascentes. Assim, todas essas práticas resultam na perda da qualidade das águas superficiais, com alteração de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos (Alves; Silva; Medeiros, 2022).

Os ambientes cársticos são mais suscetíveis a alterações do ambiente, como contaminação das águas por poluentes, devido a suas características hidrológicas, como rede de drenagem subterrânea e ausência de camadas para filtrar as águas antes de chegar aos aquíferos, que possibilitam o deslocamento acelerado das águas pelas redes de condutos (Ferreira; Morais, 2017; Souza; França; Auler, 2018).

Nesse sentido, é importante ressaltar que os recursos hídricos são limitados e encontram-se ameaçados por diversas alterações do meio natural derivadas das ações humanas. Entre a variedade de recursos naturais oferecidos pelo carste, encontram-se os aquíferos subterrâneos com disponibilidade de água potável, compreendendo importante recurso aproveitado em várias atividades, como irrigação, uso doméstico, agrícola, industrial, entre outros (Bakalowicz, 2005).

Nas unidades geológicas com presença de feições cársticas, as atividades da pecuária se estenderam em solos do tipo Cambissolos e Neossolos, associados a relevos planos e mais acentuados, dinâmica verificada por Canedo, Rodrigues e Faria (2020) e Mascarenhas e Faria (2018).

No caso dos Neossolos e dos Cambissolos, suas fragilidades estão relacionadas à baixa capacidade de armazenar água e alto grau de suscetibilidade à erosão, demandando práticas de manejo adequado a fim de minimizar os impactos negativos (Momoli *et al.*, 2021). Na BHRS, predomina a ocorrência de Neossolos e Cambissolos, que ocupam cerca de 71% da área, em geral são solos mais rasos e com alto nível de fragilidade ambiental.

Essa característica física de apresentar solos menos espessos em áreas cársticas foi observada por Santos, Ruchkys e Travassos (2021) no Parque Nacional da Serra da Gandarela, área com alto potencial espeleológico, com aproximadamente 275 cavernas cadastradas pelo CECAV; e por Silva e Bacani (2017), na bacia do rio da Prata (MS), inserida em ambiente cárstico.

A declividade é uma característica física imprescindível para desenvolvimento das atividades econômicas. Como pode ser observado nas unidades geológicas da BHRS,

a pastagem foi identificada em áreas com declives superiores a 20%, porém a agricultura se estabeleceu em áreas de declive suave, ou seja, inferior a 20%, característica observada por Sousa (2021) e Oliveira (2019).

Na unidade 7_3, notou-se que a combinação entre fatores físicos, como vegetação savânica, áreas de solo exposto e relevo movimentado, está mais suscetível à ocorrência de processos erosivos. Esse fato foi verificado às margens da TO-110, sentido Taguatinga para Aurora do Tocantins (Figura 92).

Figura 92 – Área com presença processos erosivos na unidade geocológica 7_3



Fonte: Autora (2021).

A presença de vegetação é um bom indicador das condições ambientais de uma determinada área, além de ser responsável pelo equilíbrio dos ecossistemas. A BHRS possui formações florestais, que proporcionam maior cobertura do solo e, com isso, minimizam a intensidade e as consequências dos processos erosivos (Silva; Machado, 2014).

Observou-se a distribuição das fitofisionomias das Formações Savânicas e Campestres. Cavalcante *et al.* (2022) observaram que a cobertura vegetal auxilia na manutenção dos baixos níveis de fragilidade ambiental em determinadas áreas.

Partindo dessa relação entre a presença de cobertura vegetal e as áreas antropizadas, realizou-se uma associação dos níveis de ocupação do solo organizados por Oliveira e Souza (2013) e os níveis de estado ambiental adaptados de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) para a BHRS (Quadro 16).

Quadro 16 – Associação dos níveis de ocupação do solo aos níveis de estado ambiental

Nível de ocupação	Nível de estado ambiental
Sem ocupação ou ocupação muito baixa 0 a 20%	Estável (não alterado)
Com baixa ocupação 20 a 40%	Medianamente estável (sustentável)
Com média ocupação 40 a 60%	Instável (insustentável)
Com alta ocupação 60 a 80 %	Crítico (forte intensidade)
Com ocupação muito alta 80 a 100%	Muito crítico (muito forte intensidade)

Fonte: Oliveira e Souza (2013) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022).

Desse modo, foi possível visualizar que a maioria das unidades geológicas próximas à Serra Geral, nas áreas de escarpa e suas proximidades, encontra-se em nível estável (Figura 93), por apresentar mínima ou nenhuma interferência antrópica.

Por demonstrar características frágeis, como relevo acentuado, Neossolos, que possuem limitações para o uso agrícola, apesar de serem utilizados em áreas de pastagens, conforme verificado por Canedo, Rodrigues e Faria (2020), o percentual superior a 80% de vegetação possibilita atenuação dos possíveis impactos ambientais negativos.

A unidade geológica 13 no platô da Serra Geral, por estar vinculada à atividade agricultura, apresentou variações nos níveis de estado ambiental de medianamente estável até o crítico, e isso requer atenção para manutenção do equilíbrio das demais unidades geológicas que se encontram interconectadas nas áreas mais baixas.

As unidades geológicas do médio e baixo curso da bacia sinalizam os maiores níveis de intervenções antrópicas, com destaque para as unidades 9a e 9b, que apresentam níveis variando de medianamente estável a crítico. Tal situação chama atenção para a necessidade de conservação das áreas naturais, pois concentram diversidade de feições cársticas cadastradas na abrangência da BHRS, presença dos recursos hídricos e da biodiversidade. Isso indica que houve expansão da influência das atividades antrópicas, e o que reflete sobre a dinâmica e o equilíbrio da paisagem.

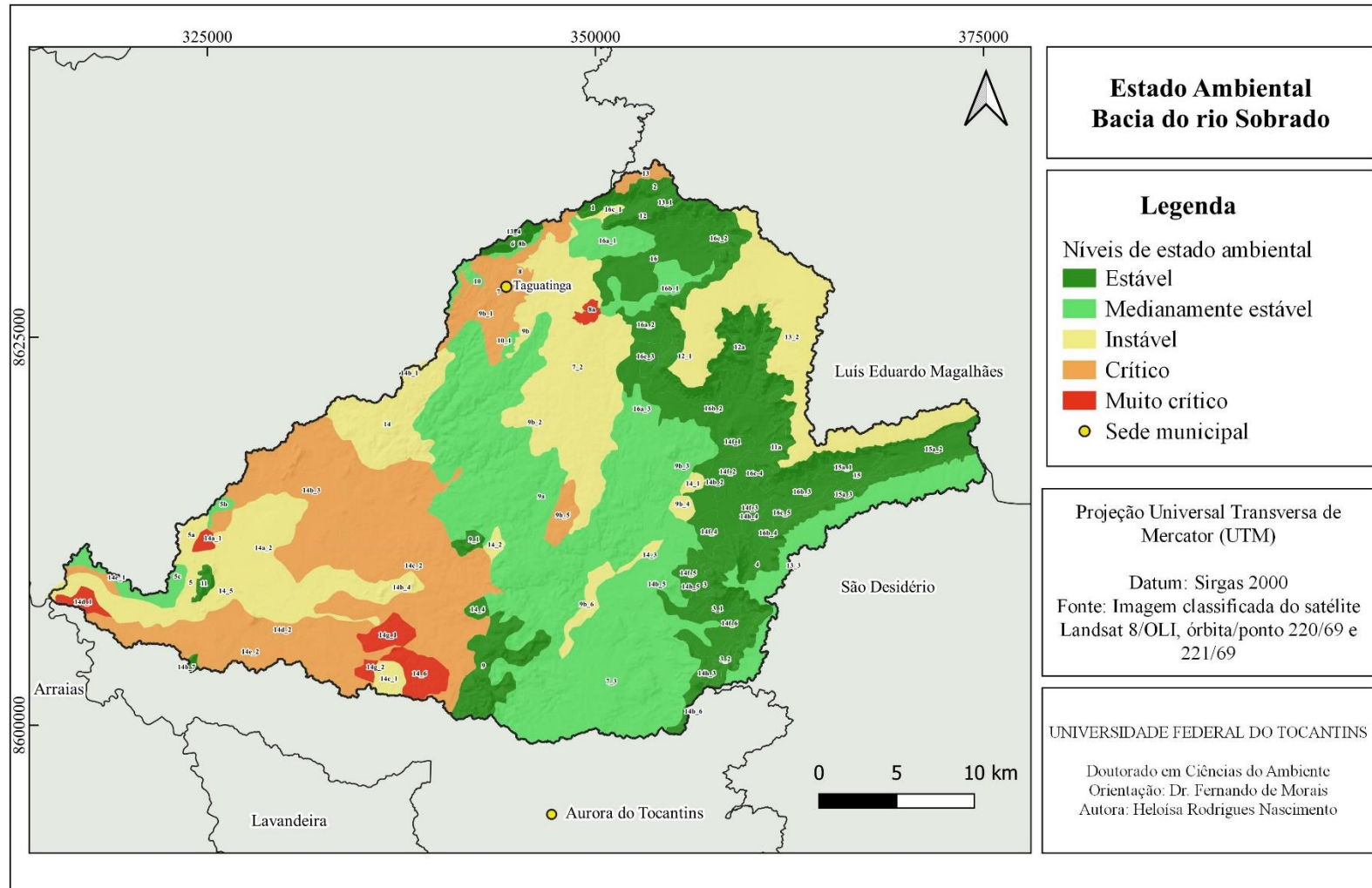
As unidades classificadas como instáveis compreendem gradativa perda da cobertura vegetal e substituição, em sua maioria, pelas pastagens. Nota-se que essa classificação contempla diversas unidades com presença de feições cársticas, como as dolinas, que representam importante ponto de recarga dos aquíferos subterrâneos.

Mais especificamente no baixo curso, visualizam-se as unidades geológicas com maiores níveis de ocupação, e algumas estão em nível muito crítico, visto que

apresentam condições naturais favoráveis à ocupação humana, como relevo plano e tipos de solos bastante utilizados como área de pastagem, conforme observado no trabalho de campo.

Apesar de representar um pequeno percentual, essas unidades geoecológicas encontram-se com baixo nível de vegetação e sob forte influência das áreas antropizadas, afetando seu equilíbrio e das demais unidades. Ressalta-se a proximidade dessas unidades em estado muito crítico daquelas que possuem alta concentração de feições cársticas identificadas, como a unidade 9, 11 e 14b_7. Inclusive a unidade 14d_1 está bem próxima da área de confluência do rio Sobrado com o rio Palma.

Figura 93 – Mapa de estado ambiental da bacia do rio Sobrado



Quadro 17 – Diagnóstico das unidades geocológicas da paisagem da bacia do rio Sobrado

UNIDADE GEOECOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES
DEc Intermediário Média Urucuia Neossolo (6,400 km ²) 1 Declividade (20 a 45%) Altitude (600-800 m)	Dissecação fluvial com controle estrutural, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Predomina cobertura vegetal com presença de Formação Savânica (55%), Formação Florestal (38%), Formação Campestre (2%), pastagem (3%) e solo exposto (2%).	Preservação da vegetação original a fim de proteger a rede de drenagem de primeira ordem e prevenir processos erosivos na área de escarpa da Serra Geral.	Remoção da vegetação para ampliação das áreas antropizadas, e a combinação entre fator declividade e tipo de solos pode acelerar a ocorrência de erosão.
DEc Suave Alta Urucuia Neossolo (2,379 km ²) 2 Declividade (0 a 20%) Altitude (800-934 m)	Dissecação fluvial com controle estrutural, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Predomina cobertura vegetal com presença de Formação Savânica (86%), Formação Florestal (9%), solo exposto (4%) e pequena área de agricultura (1%).	Preservação da vegetação original a fim de proteger a rede de drenagem de primeira ordem e prevenir processos erosivos. A declividade suave proporciona o desenvolvimento de atividades humanas.	Remoção da vegetação para ampliação das áreas antropizadas pode acelerar a ocorrência de erosão.
Dc Intermediário Média Urucuia Neossolo 3 (1,212 km ²) 3_1 (2,325 km ²) 3_2 (3,199 km ²) Declividade (20 a 45%) Altitude (600-800 m)	Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada pelo Grupo Urucuia e com presença de Neossolo. Predomina, na repetição das três unidades, cobertura vegetal representada por Formação Savânica, Formação Florestal e Formação Campestre.	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, os recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade dos ambientes localizados na área de escarpa da Serra Geral.	A remoção da vegetação e a combinação entre fator declividade e tipo de solos podem acelerar a ocorrência de erosão. Nessa unidade, tem-se uma caverna e um atrativo turístico.
Dc Movimentado Média Urucuia Neossolo (19,267 km ²) 4 Declividade (acima de 45%) Altitude (600-800 m)	Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada pelo Grupo Urucuia e com presença de Neossolo. Predomina cobertura vegetal com presença de Formação Savânica (65%), Formação Florestal (27%) e Formação Campestre (8%).	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, os recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade dos ambientes localizados na área de escarpa da Serra Geral.	A remoção da vegetação e a combinação entre fator declividade e tipo de solos podem acelerar ocorrência de processos erosivos e gravitacionais.
Dt Suave Baixa Bambuí Cambissolo (3,633 km ²) 5 Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)	Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Cambissolo. Estão presentes Formação Savânica (54%), Formação Florestal (4%) e pastagem (42%).	A combinação entre fatores declividade e tipo de solos propicia desenvolvimento de atividades humanas como pecuária e agricultura.	O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à erosão e necessita de técnicas aplicadas e manejo da terra para execução de atividades antrópicas. Nessa unidade, há maciço de afloramento de rochas carbonáticas.

<p>Dt Suave Baixa Bambuí Latossolo (2,917 km²) 5a Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Latossolo. Estão presentes Formação Savânica (57%) e pastagem (43%).</p>	<p>A combinação entre fatores declividade e tipo de solos propicia desenvolvimento de atividades humanas como pecuária e agricultura.</p>	<p>O tipo de solo apresenta baixa suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Manejo adequado das atividades considerando o substrato geológico.</p>
<p>Dt Suave Baixa Bambuí Neossolo (1,392 km²) 5b Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Estão presentes Formação Savânica (62%), pastagem (23%) e solo exposto (15%).</p>	<p>A combinação entre fatores declividade e tipo de solos propicia desenvolvimento de atividades humanas como pecuária.</p>	<p>O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e limitações para uso agrícola. Manejo adequado das atividades considerando o substrato geológico.</p>
<p>Dt Suave Baixa CDL Latossolo (6,973 km²) 5c Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Dissecação fluvial que não apresenta controle estrutural, formada por cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Latossolo. Estão presentes Formação Savânica (68%) e pastagem (32%).</p>	<p>A combinação entre fatores declividade e tipo de solos propicia desenvolvimento de atividades humanas como pecuária e agricultura.</p>	<p>O tipo de solo apresenta baixa suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Manejo adequado das atividades a fim de minimizar os impactos sobre a estabilidade da unidade.</p>
<p>Kc Intermediário Média Urucuia Neossolo (2,610 km²) 6 Declividade (20 a 45%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Formas de dissolução com a ocorrência em subsuperfície, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Estão presentes Formação Florestal (55%), Formação Savânica (35%), Formação Campestre (9%) e pastagem (1%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, os recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade do ambientes localizados na área de escarpa da Serra de Taguatinga.</p>	<p>A remoção da vegetação e a combinação entre fator declividade e tipo de solos podem acelerar ocorrência de processos erosivos e gravitacionais.</p>
<p>Kc Suave Baixa Bambuí Neossolo 7 (1,421 km²) 7_2 (68,734 km²) 7_3 (69,927 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Formas de dissolução com a ocorrência em subsuperfície, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Estão presentes, na unidade 7, área urbana (55%), Formação Savânica (26%), Formação Florestal (6%) e pastagem (13%). Na unidade 7_2, predomina cobertura vegetal representada por Formação Savânica (44%), Formação Florestal (12%), Formação Campestre (2%), pastagem (41%) e solo exposto (1%). Na unidade 7_3, estão presentes Formação Savânica (52%), Formação Florestal (12%), Formação Campestre (1%), pastagem (33%) e solo exposto (2%).</p>	<p>A combinação entre fatores declividade e tipo de solos propicia desenvolvimento de atividades humanas como pecuária e área urbana.</p>	<p>O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e limitações para uso agrícola. Manejo adequado das atividades considerando o substrato geológico. A unidade possui, em sua abrangência, caverna, dolina e maciço de afloramento de rochas carbonáticas. Planejamento das atividades considerando o substrato geológico.</p>

<p>Kc Suave Média Bambuí Neossolo (12,054 km²) 8 Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Formas de dissolução com a ocorrência em subsuperfície, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Predominam uso da terra, classes antrópicas como pastagem (40%) e área urbana (25%), solo exposto (2%), como também Formação Savânica (22%), Formação Florestal (2%) e Formação Campestre (2%).</p>	<p>Os aspectos físicos como declividade propiciam desenvolvimento das áreas antropizadas como pastagem e área urbana.</p>	<p>A remoção da vegetação associada ao tipo de solo pode potencializar a ocorrência de processos erosivos. Manejo adequado das atividades considerando o substrato geológico.</p>
<p>Kc Suave Média CDL Neossolo (1,764 km²) 8a Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Formas de dissolução com ocorrência em subsuperfície, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Neossolo. Estão presentes classe pastagem (99%) e solo exposto (1%).</p>	<p>Os aspectos físicos como a declividade propiciam cultivo da pastagem.</p>	<p>A remoção da vegetação associada ao tipo de solo pode potencializar a ocorrência de processos erosivos.</p>
<p>Kc Suave Média Urucuia Neossolo (1,090 km²) 8b Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Formas de dissolução com ocorrência em subsuperfície, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Estão presentes classe Formação Savânica (56%), Formação Campestre (3%), Formação Florestal (1%), pastagem (30%) e solo exposto (10%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, os recursos hídricos, a biodiversidade e a estabilidade dos ambientes localizados abaixo da área de escarpa da Serra de Taguatinga.</p>	<p>A remoção da vegetação associada ao tipo de solo pode potencializar ocorrência de processos erosivos.</p>
<p>Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento 9 (18,568 km²) 9_1 (2,123 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Formas de dissolução com ocorrência em superfície, formada pelo Grupo Bambuí, com a presença de afloramento rochoso. Na unidade 9, identificou-se ocupação pelas classes Formação Florestal (64%), Formação Savânica (3%), afloramento rochoso (19%) e pastagem (14%). Na unidade 9_1, tem-se Formação Florestal (67%), afloramento rochoso (19%) e pastagem (14%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade desses ambientes.</p>	<p>A retirada da vegetação associada à presença de afloramentos rochosos pode potencializar ocorrência de processos erosivos, além de redução da biodiversidade. A unidade possui diversas feições cársticas como cavernas, dolinas e maciços de afloramento de rochas carbonáticas.</p>
<p>Kd Suave Baixa Bambuí Cambissolo (177,776 km²) 9a Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Formas de dissolução com a ocorrência em superfície, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Cambissolo. Estão presentes Formação Florestal (56%), Formação Savânica (11%), afloramento rochoso (2%) e pastagem (31%).</p>	<p>Os aspectos físicos como a declividade e o tipo de solo condicionam a expansão das áreas de pastagem.</p>	<p>A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, em contrapartida tem-se a combinação declividade, altitude e cobertura vegetal nativa que auxiliam para minimizar os impactos negativos. A área abriga Patrimônio Espeleológico e Arqueológico necessitam de preservação da cobertura vegetal, a fim de manter a estabilidade dessa unidade.</p>

<p>Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo 9b (3,580 km²) 9b_1 (12,192 km²) 9b_2 (8,71 km²) 9b_3 (3,174 km²) 9b_4 (2,067 km²) 9b_5 (5,297 km²) 9b_6 (5,265 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Formas de dissolução com ocorrência em superfície, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Na unidade 9b, estão presentes Formação Savânica (25%), Formação Florestal (23%) e pastagem (52%). Na unidade 9b_1, há pastagem (60%), área urbana (3%), Formação Savânica (26%), Formação Florestal (11%). Na unidade 9b_2, há Formação Savânica (51%), Formação Florestal (8%), pastagem (40%) e solo exposto (1%). Na unidade 9b_3, há Formação Savânica (35%), Formação Florestal (30%) e pastagem (35%). Na unidade 9b_4, há Formação Florestal (52%) e pastagem (48%). Na unidade 9b_5, há pastagem (68%), Formação Savânica (25%) e Formação Florestal (7%). Na unidade 9b_6, há pastagem (55%) e Formação Florestal (45%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade. Os aspectos físicos como a declividade condicionam a expansão das áreas de pastagem.</p>	<p>A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos. Possui, em sua abrangência, feições cársticas como dolina e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.</p>
<p>Kd Suave Média Bambuí Neossolo 10 (2,315 km²) 10_2 (1,057 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Formas de dissolução com a ocorrência em superfície, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Na unidade 10, estão presentes Formação Savânica (49%), Formação Florestal (24%) e pastagem (27%). Na unidade 10_2, há Formação Savânica (60%) e pastagem (40%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade. Os aspectos físicos como a declividade proporcionam a expansão das áreas de pastagem.</p>	<p>A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos. Possui feições cársticas como caverna e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.</p>
<p>Pgi Intermediário Média Bambuí Neossolo (2,046 km²) 11 Declividade (20 a 45%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento, parcialmente conservada, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Estão presentes Formação Florestal (56%), afloramento rochoso (43%) e pastagem (1%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade.</p>	<p>A constituição da litologia dessa unidade, juntamente com a presença de afloramento rochoso e o tipo de solo podem elevar o nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos. Além disso, há feições cársticas como caverna e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.</p>
<p>Pgi Intermediário Média Urucuia Neossolo (7,101 km²) 11a Declividade (20 a 45%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento, parcialmente conservada, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Estão presentes Formação Savânica (66%), Formação Florestal (27%) e Formação Campestre (7%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade.</p>	<p>A constituição da litologia, juntamente com a declividade elevam o nível de suscetibilidade dessa unidade a processos erosivos.</p>

<p>Pgi Movimentado Média Urucuia Latossolo 12 (3,598 km²) 12_1 (2,103 km²) Declividade (acima de 45%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento, parcialmente conservada, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Na unidade 12, estão presentes Formação Florestal (40%), Formação Savânica (33%), Formação Campestre (11%), agricultura (12%) e solo exposto (4%). Na unidade 12_1, há Formação Florestal (43%), Formação Savânica (41%) e agricultura (16%).</p>	<p>Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade.</p>	<p>A declividade movimentada não possibilita desenvolvimento da agricultura mecanizada. A classe agricultura foi identificada no contato com a unidade geocológica 13.</p>
<p>Pgi Movimentado Média Urucuia Neossolo (37,849 km²) 12a Declividade (acima de 45%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento, parcialmente conservada, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Na unidade 12a, estão presentes Formação Savânica (52%), Formação Florestal (44%) e Formação Campestre (4%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos e a estabilidade dessa unidade, localizada na área de escarpa da Serra Geral.</p>	<p>A constituição da litologia, juntamente com a declividade e tipo de solo elevam o nível de suscetibilidade dessa unidade a processos erosivos.</p>
<p>Pgi Suave Alta Urucuia Latossolo 13 (2,927 km²) 13_1 (1,791 km²) 13_2 (72,347 km²) 13_3 (31,394 km²) 13_4 (0,890 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (800-934 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento, parcialmente conservada, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Latossolo. Na unidade 13, estão presentes agricultura (61%), Formação Savânica (37%) e Formação Florestal (2%). Na unidade 13_1, há Formação Savânica (49%), Formação Campestre (42%), agricultura (8%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 13_2, há agricultura (57%), Formação Savânica (35%), Formação Campestre (7%) e solo exposto (1%). Na unidade 13_3, há Formação Savânica (52%), Formação Campestre (4%), Formação Florestal (1%), agricultura (39%) e solo exposto (4%). Na unidade 13_4, há Formação Campestre (8%), Formação Savânica (12%) e Formação Florestal (8%).</p>	<p>A combinação dos fatores referentes à declividade e ao tipo de solo nessa unidade possibilitou desenvolvimento da agricultura mecanizada. Conservação das áreas de vegetação nativa nas áreas próximas a Serra Geral, a fim de proteger os recursos naturais e o equilíbrio das demais unidades da paisagem.</p>	<p>A retirada da vegetação por queimadas ou outras práticas pode comprometer a fertilidade do solo e aumentar a possibilidade da ocorrência de processos erosivos. Evitar o uso de agrotóxicos e fertilizantes para não contaminar os recursos hídricos superficiais e os aquíferos cársticos. A mudança do uso e cobertura da terra nessa unidade impacta as demais unidades situadas nas áreas mais baixas da área de estudo.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14 (25,418 km²) 14_1 (1,446 km²) 14_2 (1,599 km²) 14_3 (1,464 km²) 14_4 (1,636 km²) 14_5 (34,742 km²) 14_6 (8,312 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Cambissolo. Na unidade 14, estão presentes pastagem (43%), Formação Florestal (42%) e Formação Savânica (15%). Na unidade 14_1, há pastagem (58%) e Formação Savânica (42%). Na unidade 14_2, há pastagem (50%) e Formação Savânica (50%). Na unidade 14_3, há Formação Florestal (53%), Formação Savânica (2%) e pastagem (45%). Na unidade 14_4, há Formação Florestal (93%) e pastagem (7%). Na unidade 14_5, há pastagem (50%), agricultura (3%), Formação Florestal (44%) e Formação Savânica (3%). Na unidade 14_6, há pastagem (82%) e Formação Florestal (18%).</p>	<p>A combinação dos fatores referentes à declividade e ao tipo de solo nessa unidade possibilitou desenvolvimento da pastagem. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental. E o tipo de solo demanda manejo e técnicas adequadas para evitar a erosão. Nessa unidade, estão presentes feições cársticas como dolina, maciço de afloramento de rochas carbonáticas e cavernas.</p>

<p>Pri Intermediário Baixa Bambuí Latossolo 14a_1 (1,481 km²) 14a_2 (26,508 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Latossolo. Na unidade 14a_1, estão presentes pastagem (97%) e Formação Savânica (3%). Na unidade 14a_2, há pastagem (57%), Formação Florestal (41%) e Formação Savânica (2%).</p>	<p>A combinação dos fatores referentes à declividade e ao tipo de solo nessa unidade possibilitou desenvolvimento da pastagem. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_1 (3,980 km²) 14b_2 (5,388 km²) 14b_3 (47,242 km²) 14b_4 (2,931 km²) 14b_5 (21,731 km²) 14b_6 (1,082 km²) 14b_7 (0,604 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Na unidade 14b_1, estão presentes pastagem (54%) e Formação Savânica (46%). Na unidade 14b_2, há Formação Savânica (34%), Formação Campestre (32%), Formação Florestal (15%) e pastagem (19%). Na unidade 14b_3, há pastagem (57%), agricultura (7%), afloramento rochoso (1%), Formação Florestal (25%) e Formação Savânica (10%). Na unidade 14b_4, há Formação Florestal (51%), afloramento rochosos (1%) e pastagem (48%). Na unidade 14b_5, há Formação Campestre (35%), Formação Savânica (28%), Formação Florestal (13%) e pastagem (24%). Na unidade 14b_6, há Formação Savânica (65%), Formação Campestre (21%), Formação Florestal (3%) e pastagem (11%). Na unidade 14b_7, há afloramento rochoso (68%), Formação Florestal (31%) e pastagem (1%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. A declividade possibilitou desenvolvimento da pastagem e a agricultura com presença de pivôs.</p>	<p>O tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental. Nessa unidade, estão presentes feições cársticas como dolina, maciço de afloramento de rochas carbonáticas e o local de lazer no ribeirão Sobradinho.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo 14c_1 (4,000 km²) 14c_2 (83,975 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Nitossolo. Na unidade 14c_1, estão presentes Formação Florestal (54%) e pastagem (46%). Na unidade 14c_2, há pastagem (65%) e Formação Florestal (35%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. A declividade e o tipo de solo possibilitaram desenvolvimento da pastagem.</p>	<p>A combinação entre declividade e tipo de solo apresenta nível médio de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagens acelera os processos erosivos e aumenta a fragilidade ambiental. Nessa unidade, estão presentes feições cársticas como dolina, maciço de afloramento de rochas carbonáticas e caverna.</p>

<p>Pri Intermediário Baixa CDL Cambissolo 14d_1 (3,066 km²) 14d_2 (18,790 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Cambissolo. Na unidade 14d_1, estão presentes pastagem (95%), Formação Florestal (4%) e solo exposto (1%). Na unidade 14d_2, há pastagem (64%) e Formação Florestal (36%).</p>	<p>A combinação entre declividade e tipo de solo propicia desenvolvimento da pastagem. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A combinação entre declividade e tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade, que pode ser potencializada por remoção da vegetação e substituição pela pastagem. A unidade tem maciço de afloramento de rochas carbonáticas.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa CDL Latossolo 14e_1 (1,942 km²) 14e_2 (31,466 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Latossolo. Na unidade 14e_1, estão presentes pastagem (68%) e Formação Florestal (32%). Na unidade 14e_2, há pastagem (79%) e Formação Florestal (21%).</p>	<p>A combinação entre declividade e tipo de solo propicia desenvolvimento da pastagem. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A combinação entre declividade e tipo de solos apresenta nível baixo de fragilidade potencial da unidade, que pode ser potencializada por remoção da vegetação e substituição pela pastagem.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa CDL Neossolo 14f_1 (1,316 km²) 14f_2 (4,361 km²) 14f_3 (3,351 km²) 14f_4 (4,074 km²) 14f_5 (3,150 km²) 14f_6 (8,434 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Neossolo. Na unidade 14f_1, estão presentes Formação Campestre (80%), Formação Savânica (14%) e Formação Florestal (6%). Na unidade 14f_2, há Formação Campestre (67%), Formação Savânica (30%) e Formação Florestal (3%). Na unidade 14f_3, há Formação Savânica (62%), Formação Campestre (37%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 14f_4, há Formação Campestre (64%), Formação Savânica (20%), Formação Florestal (1%) e pastagem (15%). Na unidade 14f_5, há Formação Campestre (69%), Formação Savânica (28%) e Formação Florestal (3%). Na unidade 14f_6, há Formação Savânica (64%), Formação Campestre (34%), Formação Florestal (1%) e pastagem (1%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. A declividade possibilitou desenvolvimento da pastagem.</p>	<p>O tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental. Nessa unidade, está presente um atrativo turístico, o Poço dos Amores.</p>
<p>Pri Intermediário Baixa CDL Nitossolo 14g_1 (5,512 km²) 14g_2 (1,427 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Nitossolo. Na unidade 14g_1, estão presentes pastagem (95%) e Formação Florestal (5%). Na unidade 14g_2, há pastagem (86%) e Formação Florestal (14%).</p>	<p>A declividade e o tipo de solo possibilitaram desenvolvimento da pastagem. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>O tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.</p>

<p>Pri Intermediário Baixa Urucuia Neossolo 14h_1 (4,706 km²) 14h_2 (2,289 km²) 14h_3 (2,695 km²) 14h_4 (0,559 km²) 14h_5 (2,651 km²) Declividade (20 a 45%) Altitude (363,77-600 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Na unidade 14h_1, estão presentes Formação Savânica (54%), Formação Campestre (37%) e Formação Florestal (9%). Na unidade 14h_2, há Formação Savânica (81%), Formação Campestre (15%) e Formação Florestal (4%). Na unidade 14h_3, há Formação Savânica (61%), Formação Florestal (23%), Formação Campestre (15%) e solo exposto (1%). Na unidade 14h_4, há Formação Savânica (67%) e Formação Campestre (33%). Na unidade 14h_5, há Formação Campestre (48%), Formação Savânica (37%) e Formação Florestal (15%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>O tipo de solos e a declividade aumentam o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.</p>
<p>Pri Suave Alta CDL Neossolo (2,604 km²) 15 Declividade (0 a 20%) Altitude (800-934 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Neossolo. Na unidade 15, estão presentes Formação Savânica (98%) e Formação Florestal (2%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>O tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade à ocorrência de processos erosivos.</p>
<p>Pri Suave Alta Urucuia Neossolo 15a_1 (2,357 km²) 15a_2 (9,895 km²) 15a_3 (2,065 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (800-934 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Na unidade 15a_1, estão presentes Formação Savânica (95%), Formação Campestre (4%) e Formação Florestal (1%). Na unidade 15a_2, há Formação Campestre (75%) e Formação Savânica (25%). Na unidade 15a_3, há Formação Savânica (95%) e Formação Florestal (5%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A combinação entre litologia, tipo de solo e altitude eleva o nível de fragilidade potencial diante da suscetibilidade à erosão.</p>
<p>Pri Suave Média Bambuí Gleissolo (19,765 km²) 16 Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Gleissolo. Na unidade 16, estão presentes Formação Savânica (71%), Formação Campestre (8%), Formação Florestal (1%), pastagem (19%) e solo exposto (1%).</p>	<p>Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. Nessa unidade, foram identificadas áreas com presença de Veredas.</p>	<p>A combinação entre tipo de solo, altitude e litologia aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade diante da suscetibilidade à erosão. Manejo adequado das atividades considerando o substrato geológico.</p>
<p>Pri Suave Média Bambuí Neossolo 16a_1 (10,524 km²) 16a_2 (4,679 km²) 16a_3 (3,627 km²) Declividade (0 a 20%) Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Bambuí, associado ao Neossolo. Na unidade 16a_1, estão presentes Formação Savânica (57%), Formação Campestre (6%), Formação Florestal (4%), pastagem (31%) e solo exposto (2%). Na unidade 16a_2, há Formação Savânica (58%), Formação Campestre (24%), Formação Florestal (3%), pastagem (14%) e solo exposto (1%). Na unidade 16a_3, há Formação Florestal (62%), Formação Savânica (8%), Formação Campestre (8%), pastagem (21%) e solo exposto (1%).</p>	<p>A declividade possibilita a ocupação antrópica por meio da substituição da cobertura vegetal por pastagens.</p>	<p>A manutenção da cobertura vegetal é fundamental, tendo em vista que o tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade à ocorrência de processos erosivos. Nessa unidade, tem-se presença de maciço de afloramento de rochas carbonáticas.</p>

<p>Pri Suave Média CDL Neossolo</p> <p>16b_1 (8,182 km²)</p> <p>16b_2 (24,267 km²)</p> <p>16b_3 (5,168 km²)</p> <p>16b_4 (1,898 km²)</p> <p>Declividade (0 a 20%)</p> <p>Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada por Cobertura Detrito-Laterítica, associada ao Neossolo. Na unidade 16b_1, estão presentes Formação Savânica (32%), Formação Campestre (31%), Formação Florestal (2%), pastagem (33%) e solo exposto (2%). Na unidade 16b_2, há Formação Savânica (50%), Formação Campestre (26%), Formação Florestal (4%), pastagem (18%) e solo exposto (2%). Na unidade 16b_3, há Formação Savânica (63%), Formação Campestre (35%) e Formação Florestal (2%). Na unidade 16b_4, há Formação Savânica (83%) e Formação Campestre (17%).</p>	<p>As condições de relevo suave possibilitam desenvolvimento das pastagens. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A manutenção da cobertura vegetal é fundamental, tendo em vista que o tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade à ocorrência de processos erosivos. Na unidade, estão presentes a Cachoeira do Registro, um atrativo turístico, e a PCH Sobrado.</p>
<p>Pri Suave Média Urucuia Neossolo</p> <p>16c_1 (1,108 km²)</p> <p>16c_2 (5,630 km²)</p> <p>16c_3 (12,895 km²)</p> <p>16c_4 (1,124 km²)</p> <p>16c_5 (2,701 km²)</p> <p>Declividade (0 a 20%)</p> <p>Altitude (600-800 m)</p>	<p>Superfície de aplanamento formada por fases sucessivas de retomada de erosão, formada pelo Grupo Urucuia, associado ao Neossolo. Na unidade 16c_1, estão presentes Formação Savânica (48%), Formação Campestre (3%), Formação Florestal (1%), pastagem (42%) e solo exposto (6%). Na unidade 16c_2, há Formação Savânica (86%), Formação Florestal (12%) e solo exposto (2%). Na unidade 16c_3, há Formação Savânica (78%), Formação Campestre (10%), Formação Florestal (10%) e pastagem (2%). Na unidade 16c_4, há Formação Savânica (92%), Formação Florestal (7%) e Formação Campestre (1%). Na unidade 16c_5, há Formação Campestre (66%) e Formação Savânica (34%).</p>	<p>As condições de relevo suave possibilitam desenvolvimento das pastagens. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.</p>	<p>A manutenção da cobertura vegetal é fundamental, tendo em vista que o tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade à ocorrência de processos erosivos.</p>

8 MAPA EXPLORATÓRIO DE FENÔMENOS CÁRSTICOS DA BACIA DO RIO SOBRADO

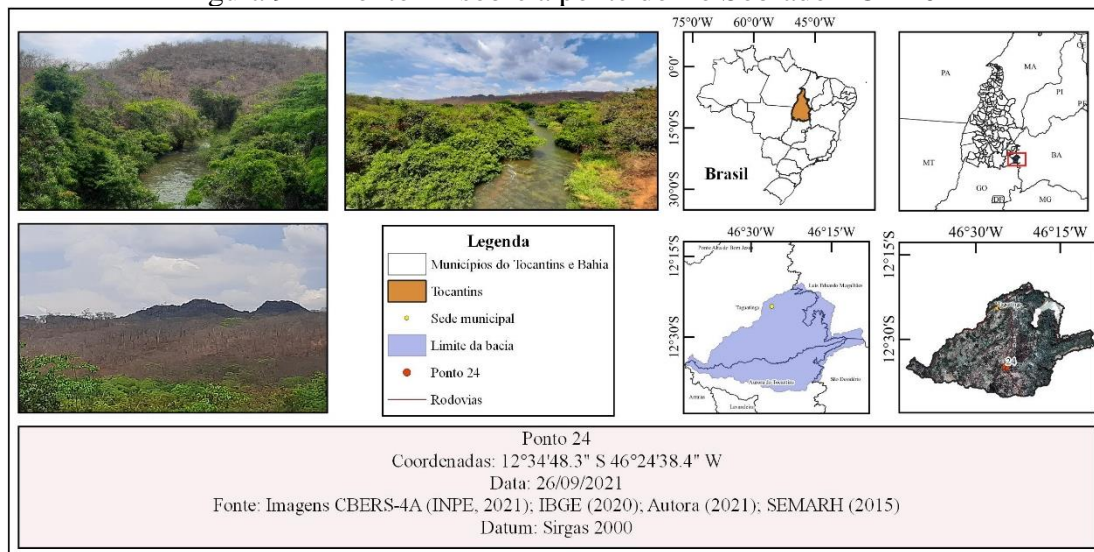
Para a elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos da bacia do rio Sobrado, foi necessário identificar as feições cársticas presentes na área de estudo. Para tanto, o trabalho de campo foi essencial para validar as informações obtidas a partir de imagens de satélites.

A seguir, são detalhados cinquenta pontos visitados na abrangência da bacia do rio Sobrado, na área em torno dos maciços de afloramento de rochas carbonáticas, surgência, dolinas e sumidouro. Ressalta-se que, entre as várias cavernas catalogadas na área de estudo, apenas dez foram visitadas, sendo oito delas no município de Aurora do Tocantins (Gruta dos Moura, Gruta do Urso, Gruta Tarumã, Gruta Coruja Branca, Gruta Tacho de Ouro, Gruta Totem, Buraco do Júnior e Gruta do Culto) e duas no município de Taguatinga (Gruta dos Caldeirões e Abrigo dos Tapuios), tendo em vista que o objetivo do trabalho de campo consistiu na descrição da paisagem.

A numeração dos pontos apresentados neste item está na sequência em que foram visitados nas três pesquisas de campo realizadas na bacia do rio Sobrado.

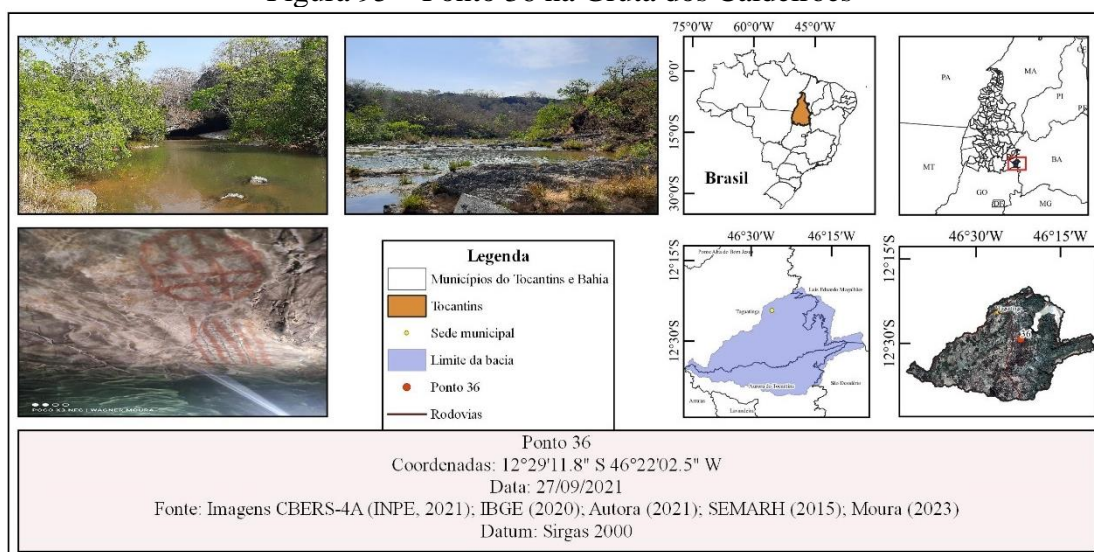
O ponto 24 está situado na ponte sobre o rio Sobrado na TO-110, sentido Taguatinga para Aurora do Tocantins, antes da entrada do balneário do rio Azuis (Figura 94). Nota-se a presença de Mata Ciliar ao longo do curso d'água e maciços de afloramento rochoso cobertos com a vegetação da fitofisionomia Floresta Estacional Decidual (mais conhecida como Matas Secas). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9a, consistindo no carste descoberto, com declive suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 94 – Ponto 24 sobre a ponte do rio Sobrado TO-110



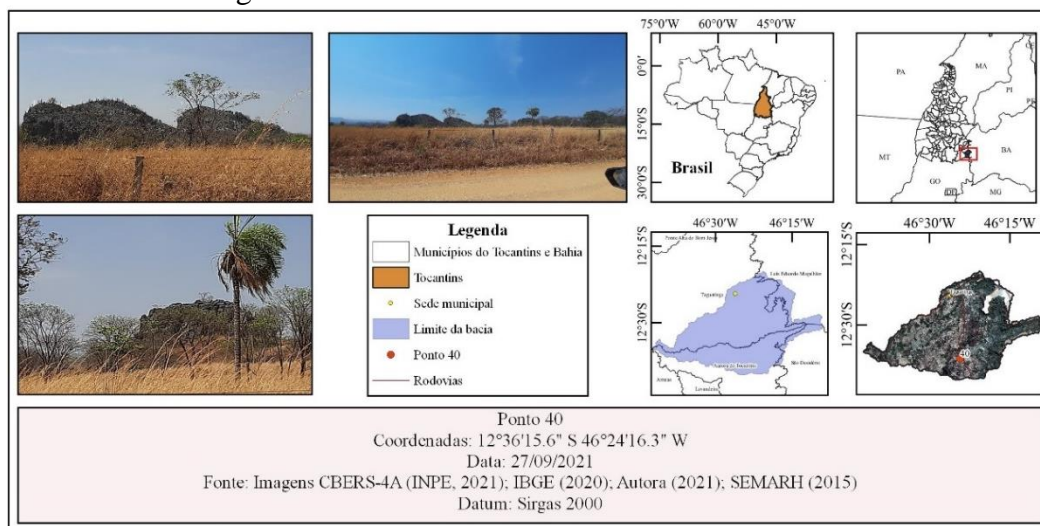
O ponto 36 está localizado na Gruta dos Caldeirões, no município de Taguatinga, com presença do curso d'água denominado como ribeirão dos Caldeirões, maciço de afloramento rochoso coberto com vegetação da fitofisionomia Floresta Estacional Decidual. Bem próximo à caverna, identificou-se vegetação da Formação Savânica. A área demonstra-se bem preservada, entretanto, por se tratar de um atrativo turístico e sítio arqueológico, faz-se necessário controle mais rigoroso para entrada de visitantes, bem como propostas de criação de unidades de conservação (proteção integral ou uso sustentável), a fim de evitar destruição desse patrimônio histórico-cultural e das pinturas rupestres (Figura 95). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9a, consistindo no carste descoberto, com declive suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 95 – Ponto 36 na Gruta dos Caldeirões



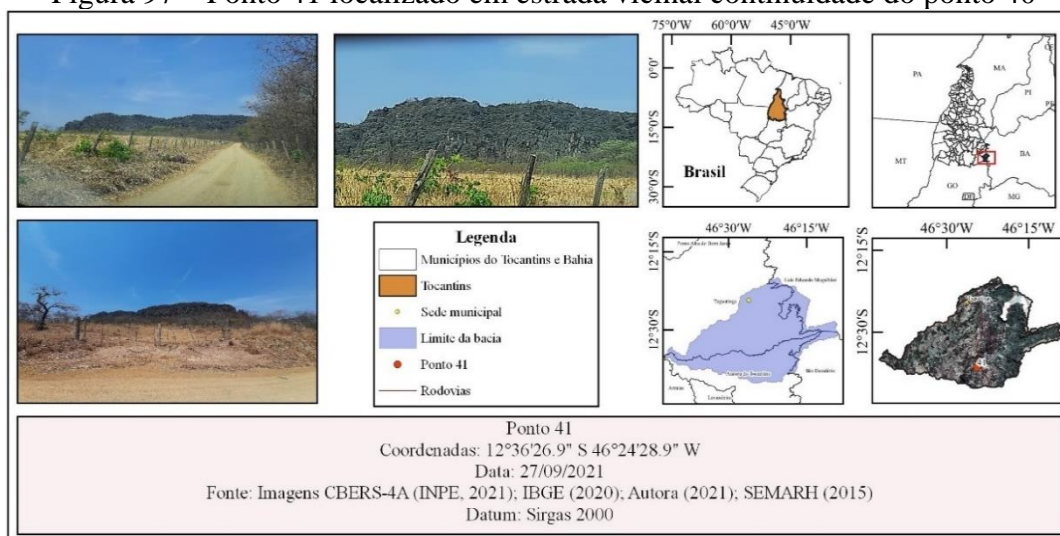
O ponto 40 está localizado em uma estrada vicinal do lado direito da rodovia TO-110, no sentido Taguatinga para Aurora do Tocantins. Nele podem ser visualizados o maciço de afloramento rochoso e, ao seu redor, áreas de pastagens (Figura 96). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9a, consistindo no carste descoberto, com declive suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 96 – Ponto 40 localizado em estrada vicinal



O ponto 41 localiza-se na continuidade da estrada vicinal do ponto 40, onde foi possível visualizar o maciço de afloramento rochoso e áreas de pastagens (Figura 97). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9a, consistindo no carste descoberto, com declive suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 97 – Ponto 41 localizado em estrada vicinal continuidade do ponto 40



O ponto 95 está localizado na Fazenda Veneranda, no município de Aurora do Tocantins. Sua atividade está vinculada à pecuária, com presença de pastagem. Na área em torno, há vegetação típica ao redor do maciço de afloramento rochoso (Figura 98). Além disso, foram catalogadas duas cavernas pelo CECAV: a Gruta dos Moura e a Gruta do Urso (Figura 99). Na Gruta dos Moura, há pinturas rupestres nos maciços, e, na Gruta do Urso, foram identificados fósseis de alguns animais que viveram em tempos passados (última idade do gelo) na região, como urso e tatu gigantes, onças maiores do que as atuais, parentes de lhamas e camelos com focinho longo (Azevedo, 2013), conforme apontado anteriormente no item 2.1.6. O ponto está situado na unidade geocológica 14, consistindo no pediplano retocado inumado, com declive intermediário, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 98 – Ponto 95 localizado na Fazenda Veneranda

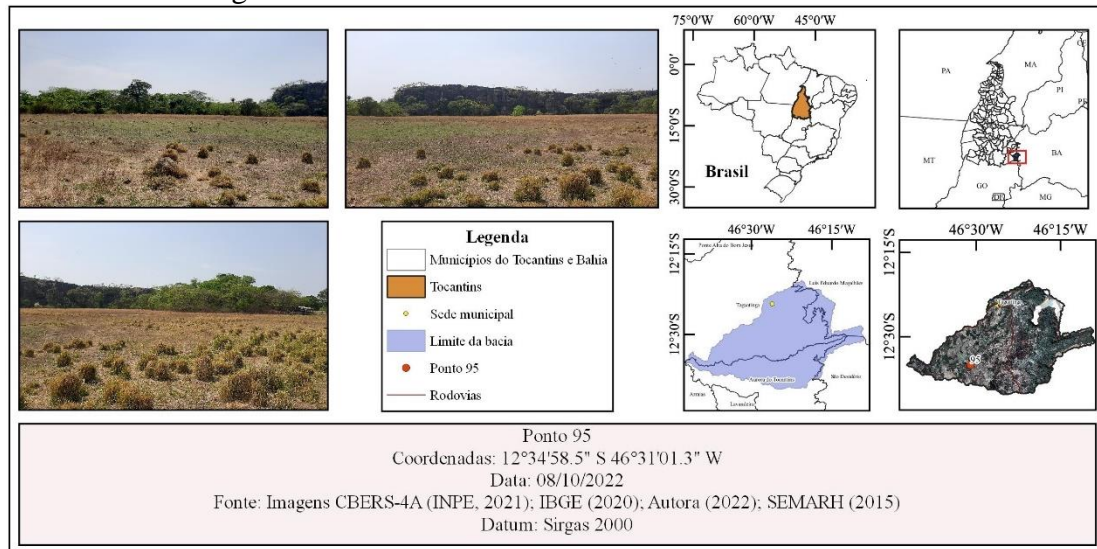
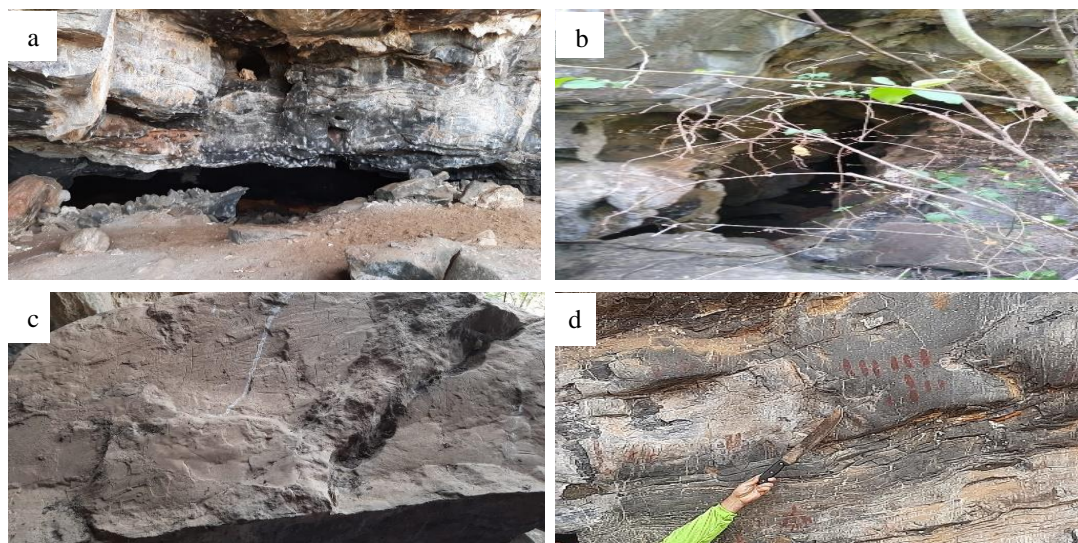


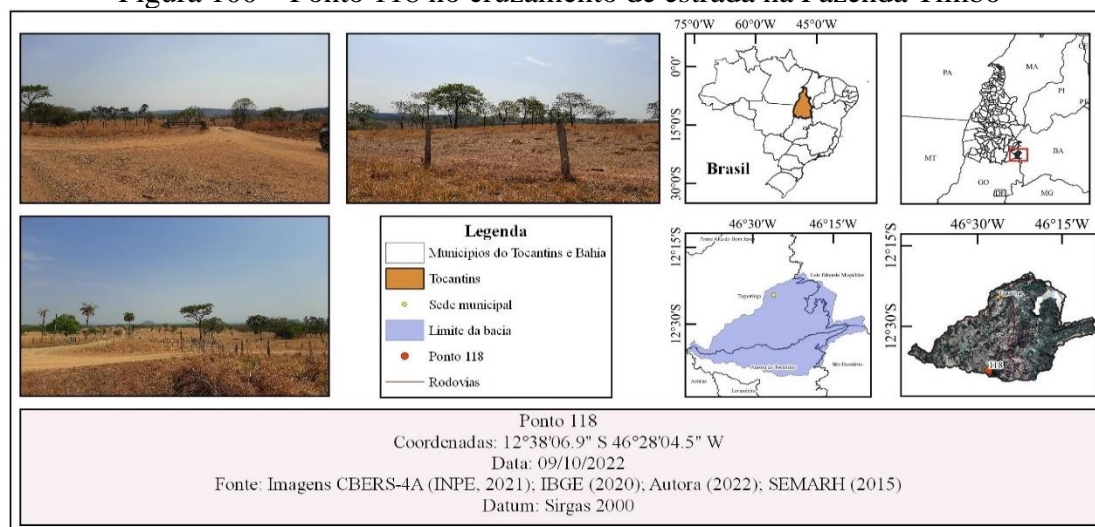
Figura 99 – Gruta do Urso e a Gruta dos Moura no município de Aurora do Tocantins



Fonte: Autora (2022). Legenda: a) Entrada da Gruta dos Moura; b) Entrada da Gruta do Urso; c) Petróglifos na entrada da Gruta dos Moura; d) Pintura Rupestre na Gruta dos Moura.

O ponto 118 está situado no cruzamento de duas estradas vicinais no caminho para a Fazenda Timbó. Nesse local, tem-se áreas de pastagens com árvores esparsas e ao fundo afloramento rochoso (Figura 100). Os maciços estão situados na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento. Porém, o ponto 118 está situado na unidade geocológica 14, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

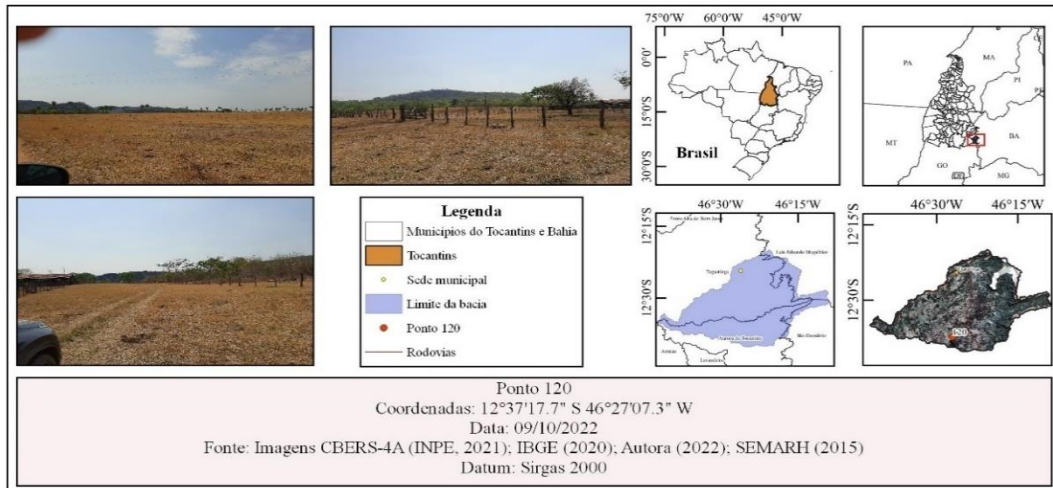
Figura 100 – Ponto 118 no cruzamento de estrada na Fazenda Timbó



O ponto 120 está localizado em estrada vicinal, com presença de área de pastagem, maciço de afloramento rochoso e duas cavernas, Abismo Acabados e Gruta dos

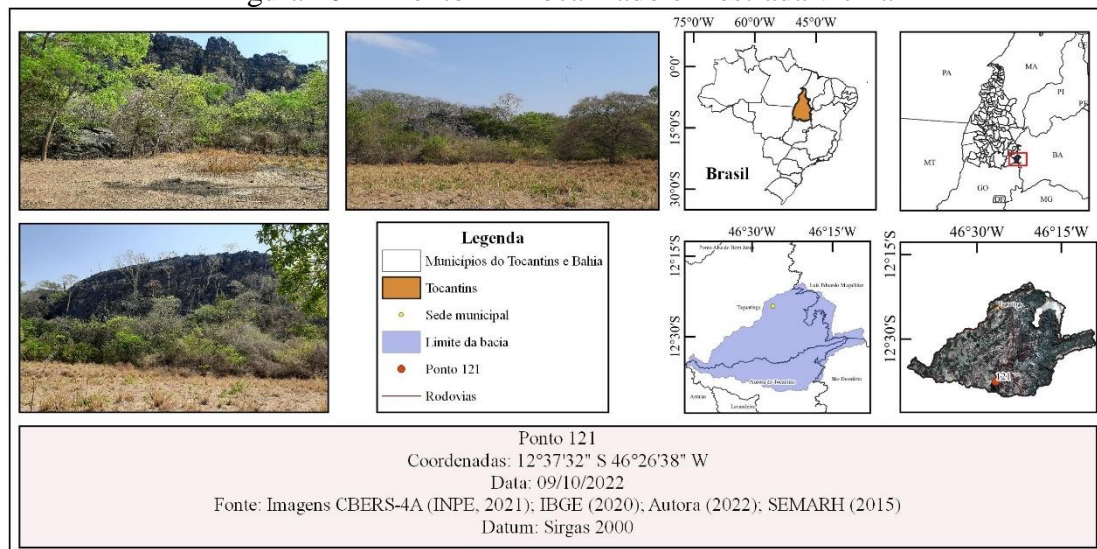
Cogumelos. Há vegetação ao redor delas, além da sede e da estrutura da Fazenda São Geraldo (Figura 101). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento.

Figura 101 – Ponto 120 localizado na estrada vicinal da Fazenda São Geraldo



No ponto 121, localizado em estrada vicinal, foi possível visualizar um maciço de afloramento rochoso, com vegetação em sua proximidade, bem como áreas de pastagens (Figura 102). Esse ponto está situado na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento.

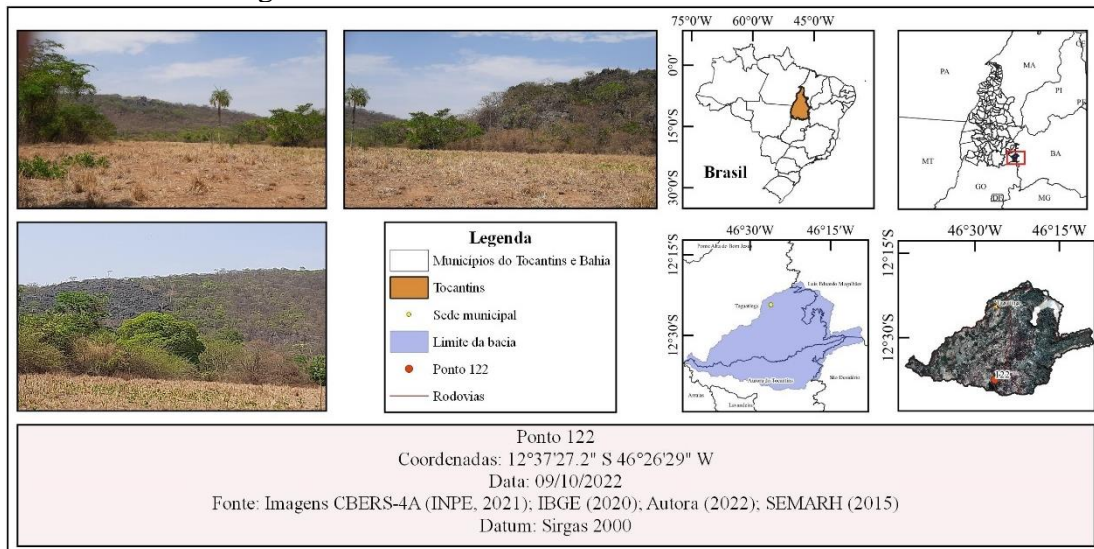
Figura 102 – Ponto 121 localizado em estrada vicinal



No ponto 122, localizado em estrada vicinal, visualizou-se maciço de afloramento rochoso, bem próximo da caverna Ipê Amarelo (propriedade do Sr. Vitorino), com

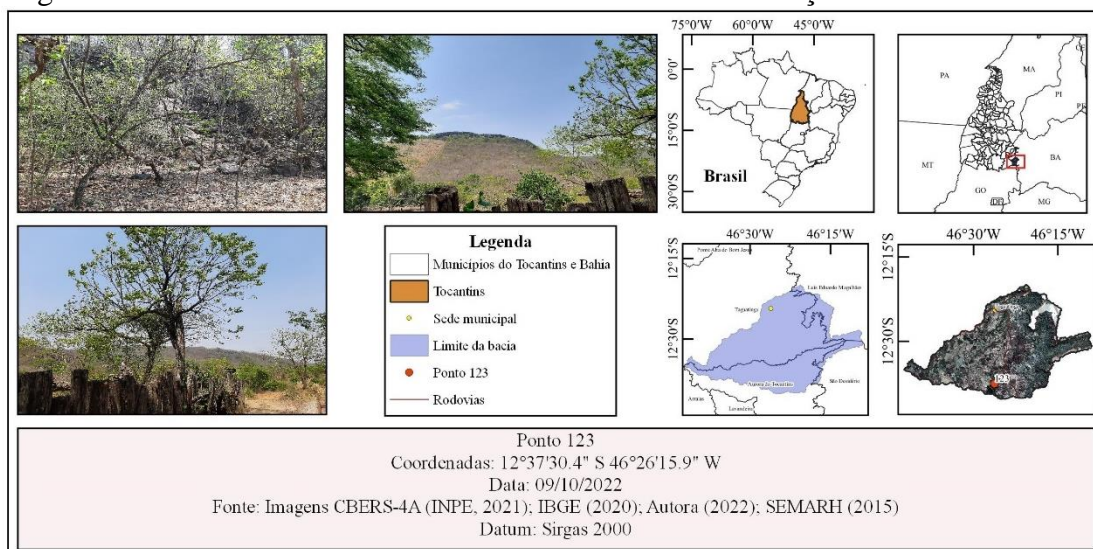
vegetação associada (Floresta Estacional Decidual), e, ao seu redor, há pastagens (Figura 103). O ponto está localizado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 103 – Ponto 122 localizado em estrada vicinal



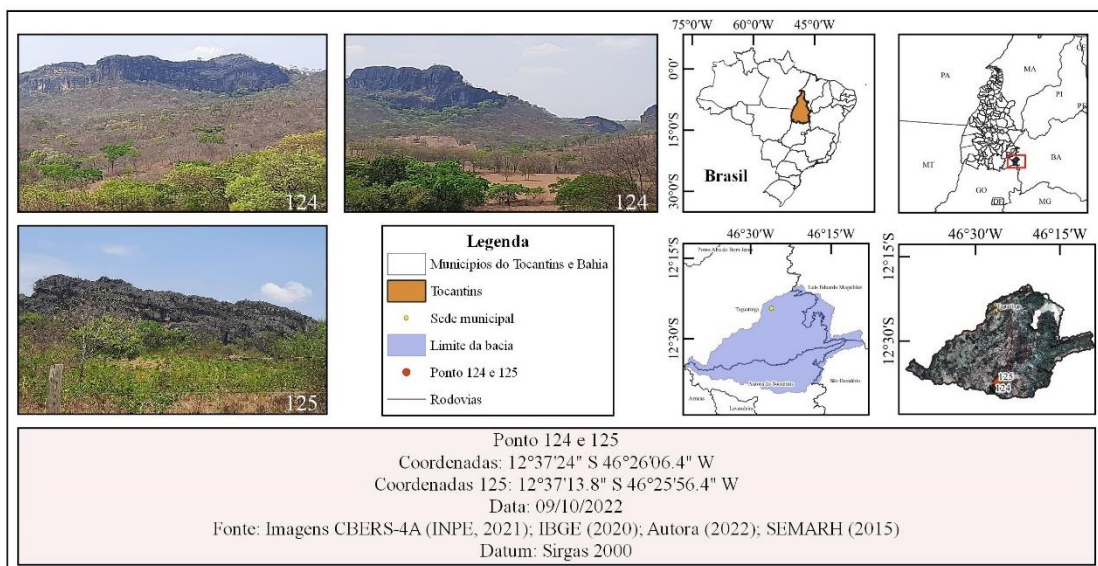
No ponto 123, em estrada vicinal, está localizado o maciço de afloramento rochoso com presença da Gruta do Tarumã e vegetação ao seu redor. A área em frente possui pastagem e outro maciço de afloramento rochoso com lapiás e vegetação associada (Floresta Estacional Decidual) (Figura 104). O ponto está localizado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 104 – Ponto 123 localizado em estrada vicinal no maciço da Gruta do Tarumã



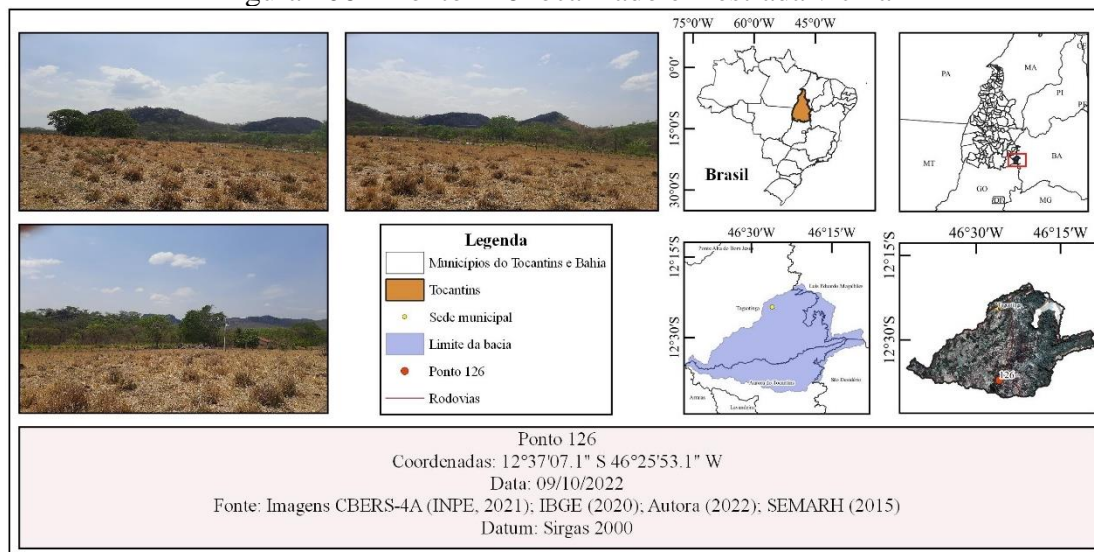
Os pontos 124 e 125 estão localizados em estrada vicinal, na propriedade do Senhor Vitorino. No ponto 124, visualizou-se maciço de afloramento rochoso com vegetação ao seu redor e área de pastagem. O ponto 125 compreende o maciço de afloramento rochoso onde foram identificadas Gruta do Culto, Gruta Totem, Toca do Sr. Vitorino I, Toca do Sr. Vitorino II, Gruta Coruja Branca, Gruta Tacho de Ouro, Buraco do Júnior. Estes dois últimos foram considerados sítios arqueológicos em função das pinturas rupestres identificadas, e, ao seu redor, há áreas de vegetação (Figura 105). O ponto 124 está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo; e o ponto 125, na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento.

Figura 105 – Pontos 124 e 125 localizados em estrada vicinal na propriedade do Senhor Vitorino



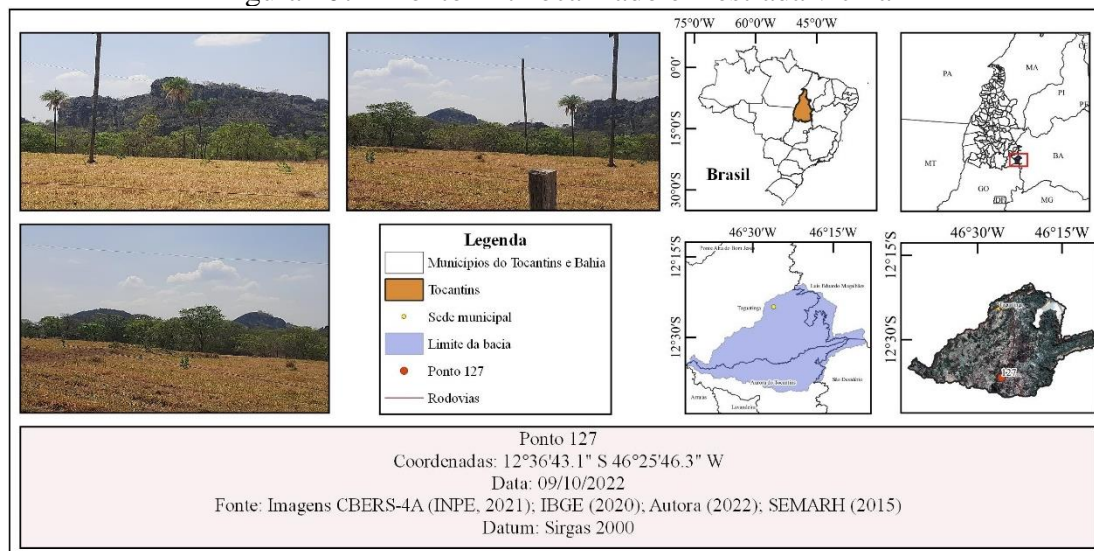
O ponto 126 está localizado em estrada vicinal, onde foi possível visualizar o maciço de afloramento rochoso com presença de lapiás. Foram identificadas duas cavernas: Caverna Água Doce e Caverna Horizonte Azul. Além disso, há vegetação ao seu redor e áreas de pastagem (Figura 106). O ponto está situado na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento.

Figura 106 – Ponto 126 localizado em estrada vicinal



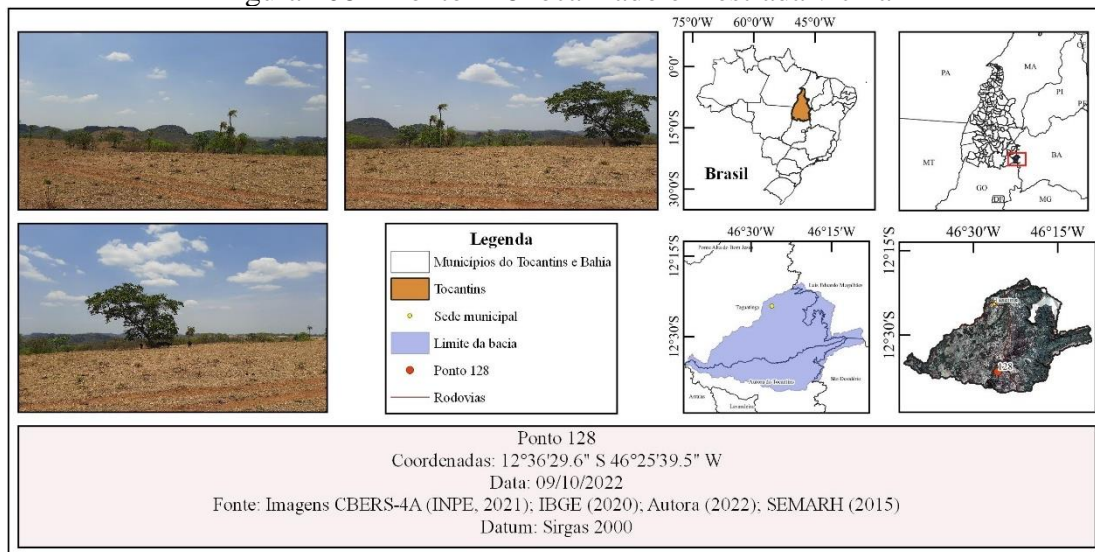
O ponto 127 está localizado em estrada vicinal, onde se visualizou o maciço de afloramento rochoso, há vegetação em suas proximidades e área de pastagem (Figura 107). Além disso, foi catalogada pelo CECAV a Caverna Catedral da Laje. O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 107 – Ponto 127 localizado em estrada vicinal



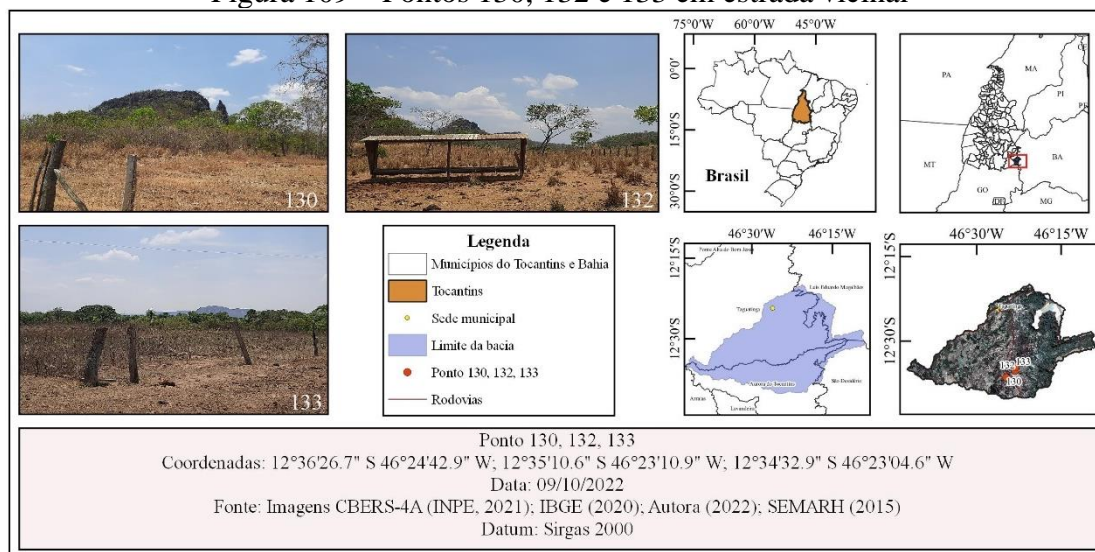
O ponto 128 está localizado em estrada vicinal, onde se visualizaram o maciço de afloramento rochoso, vegetação em suas proximidades e área de pastagem (Figura 108). O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 108 – Ponto 128 localizado em estrada vicinal



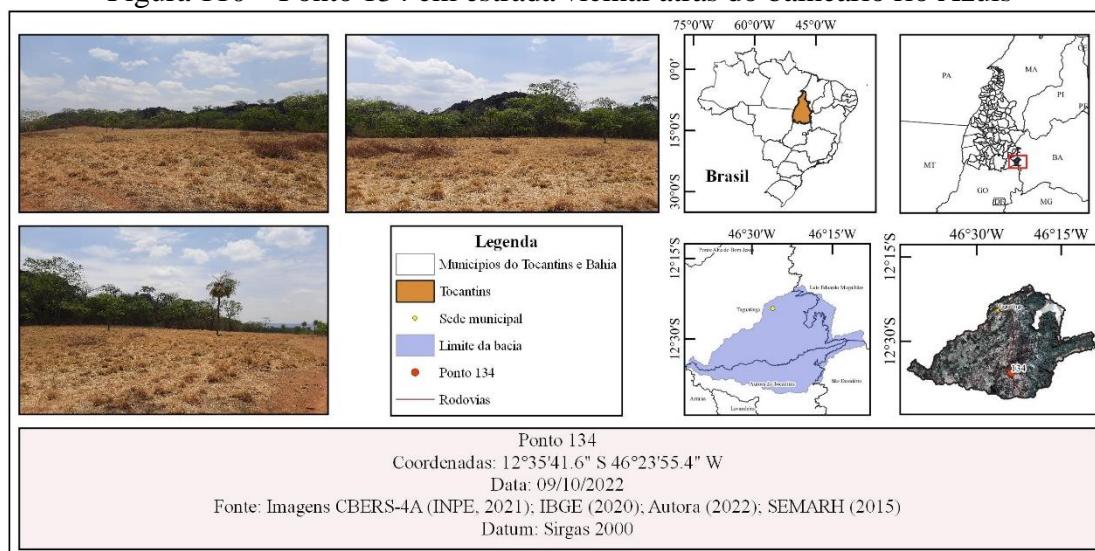
O ponto 130 está localizado na estrada vicinal em continuidade do ponto 128, onde se visualizaram o maciço de afloramento rochoso, áreas de vegetação e pastagem. Está situado na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento. Os pontos 132 e 133 estão situados em estrada vicinal no sentido da propriedade do Senhor João Paca, onde se tem o encontro dos rios Tabatinga e Sobrado. No ponto 132, tem presença de maciço de afloramento rochoso e vegetação em sua proximidade, bem como áreas de pastagem. No ponto 133, foi possível visualizar área de pastagem e mais ao fundo área de vegetação associada ao curso d'água (Mata Ciliar). Os pontos 132 e 133 estão situados na unidade 9b, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo (Figura 109).

Figura 109 – Pontos 130, 132 e 133 em estrada vicinal



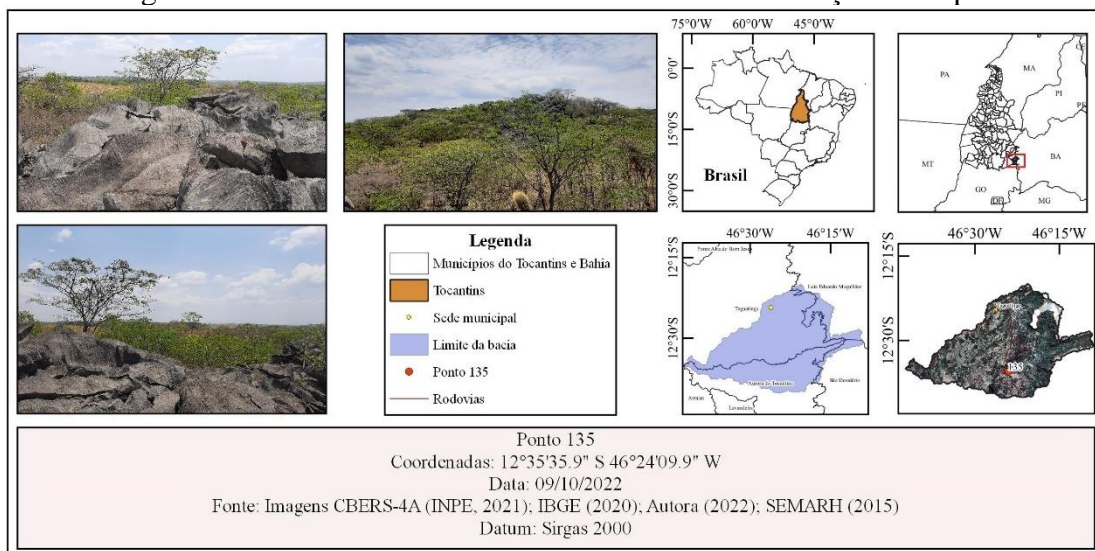
O ponto 134 está localizado em estrada vicinal, próximo ao balneário do rio Azuis, com presença de maciços de afloramento rochoso com lapiás, vegetação em suas proximidades e área de pastagem (Figura 110). O ponto está situado na unidade geológica 9a, carste descoberto, declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 110 – Ponto 134 em estrada vicinal atrás do balneário rio Azuis



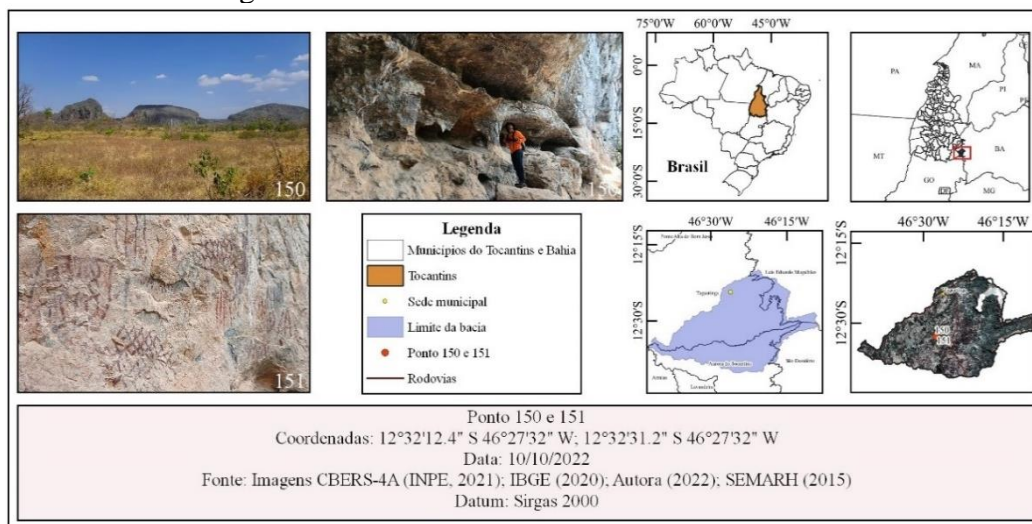
O ponto 135 está localizado em estrada vicinal próximo ao ponto 134, sobre o maciço de afloramento rochoso com lapiás, vegetação em suas proximidades e área de pastagem (Figura 111). O ponto está situado na unidade geológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 111 – Ponto 135 em estrada vicinal sobre o maciço com lapiás



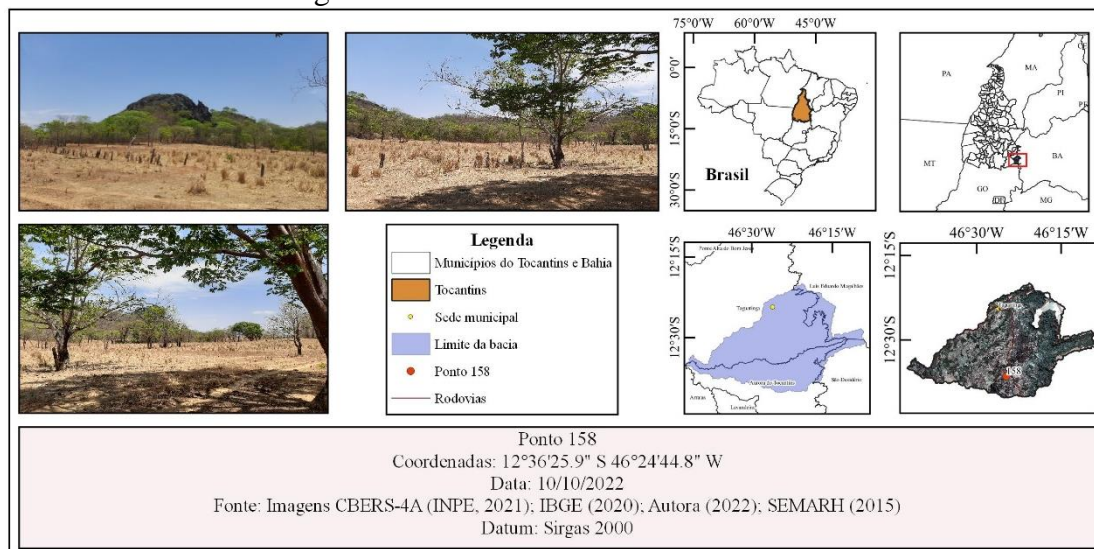
Nos pontos 150 e 151, localizados em estrada vicinal, foi possível visualizar o maciço de afloramento rochoso onde estão situadas duas cavernas: Gruta dos Tapuios II e Abrigo dos Tapuios. Esses locais são considerados sítios arqueológicos pelo IPHAN. Além disso, identificou-se vegetação ao redor e área de pastagem (Figura 112). O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 112 – Pontos 150 e 151 em estrada vicinal



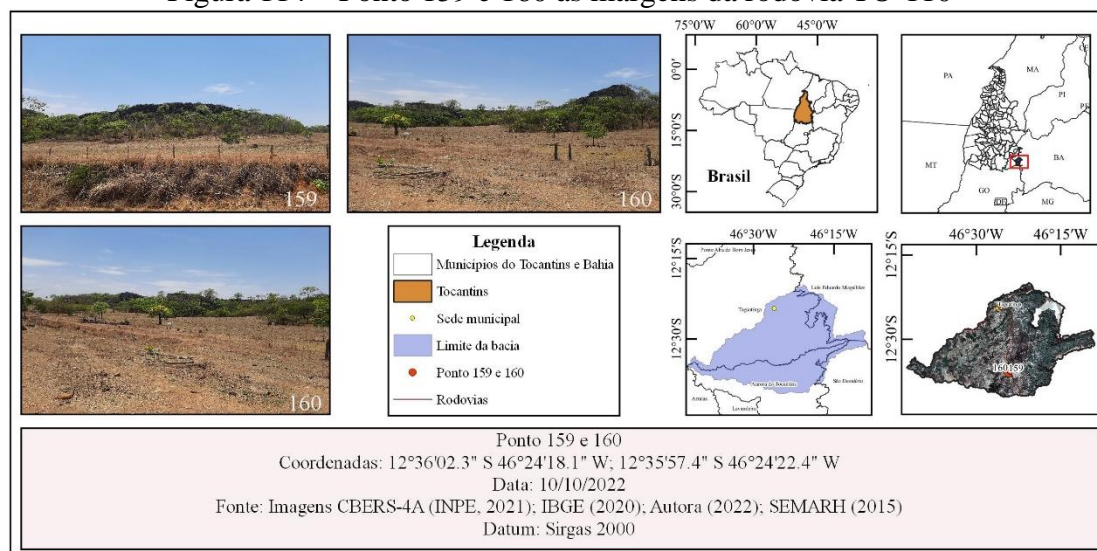
O ponto 158 está localizado em estrada vicinal e há maciços de afloramento rochoso, vegetação ao seu redor e área de pastagem (Figura 113). O ponto está situado na unidade geocológica 9, carste descoberto, declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento.

Figura 113 – Ponto 158 em estrada vicinal



Os pontos 159 e 160 estão localizados às margens da rodovia TO-110, antes do balneário do rio Azuis, sentido Aurora do Tocantins para Taguatinga, onde se visualizaram o maciço de afloramento rochoso, vegetação ao seu redor e área de pastagem (Figura 114). O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 114 – Ponto 159 e 160 às margens da rodovia TO-110



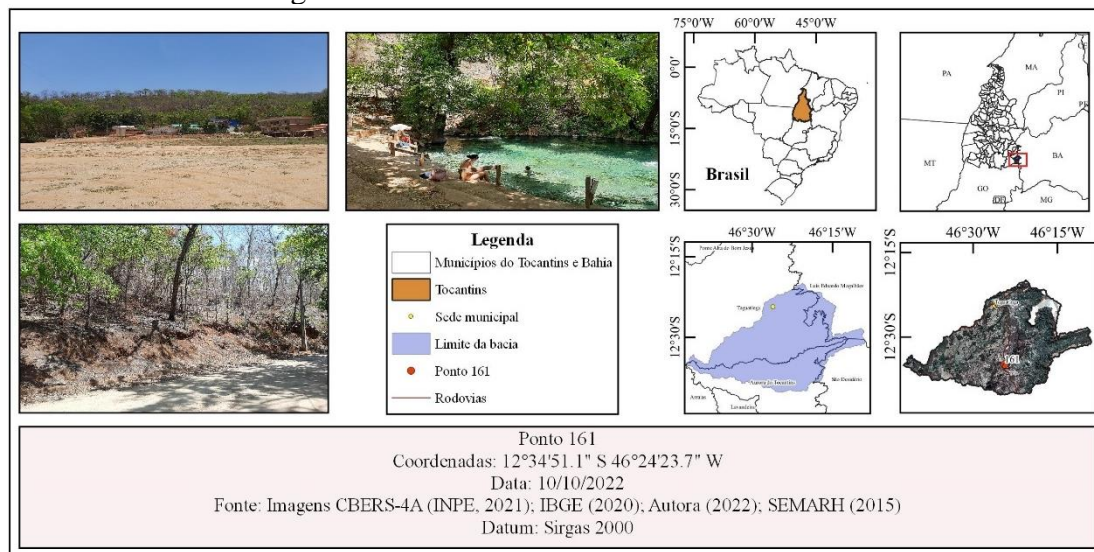
O ponto 161 está localizado no balneário rio Azuis, onde se visualizaram maciço de afloramento rochoso, construções (casas, hotéis e estabelecimentos comerciais), estacionamento, além de uma via pavimentada para acesso ao rio (Figura 115). O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo (Figura 116).

Figura 115 – Imagens de construções no balneário do rio Azuis



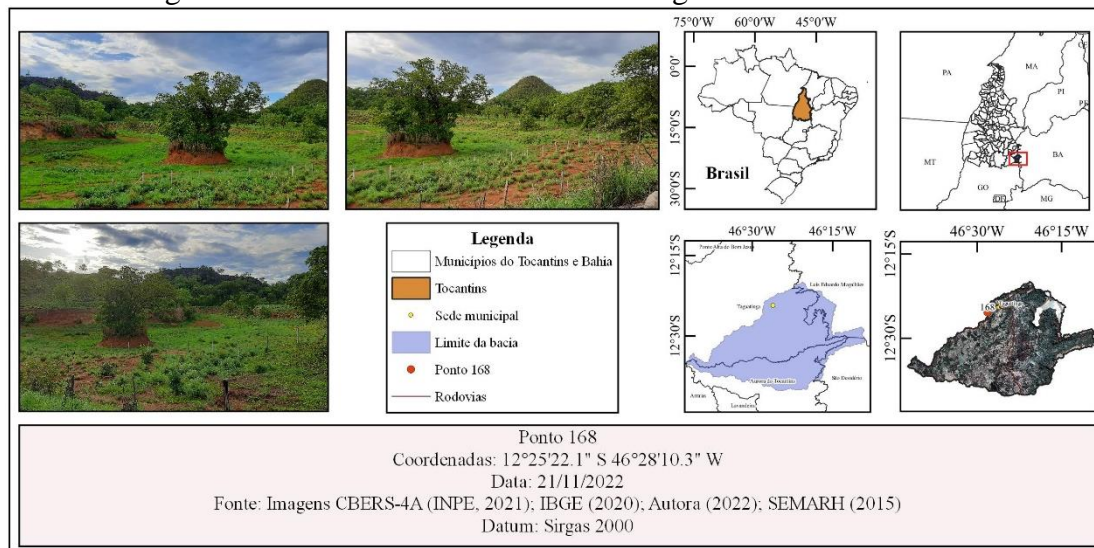
Fonte: Autora (2022).

Figura 116 – Ponto 161 no balneário rio Azuis



O ponto 168 está localizado às margens da rodovia BR-242, em uma área onde houve retirada de terra e, mais ao fundo, maciço de afloramento rochoso e vegetação. Próximo à área, foram identificadas três cavernas pelo CECAV: PEA-0787 (Panorama Estudos Ambientais), PEA-0789, PEA-0791 (Figura 117), que estão situadas na unidade geocológica 10, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

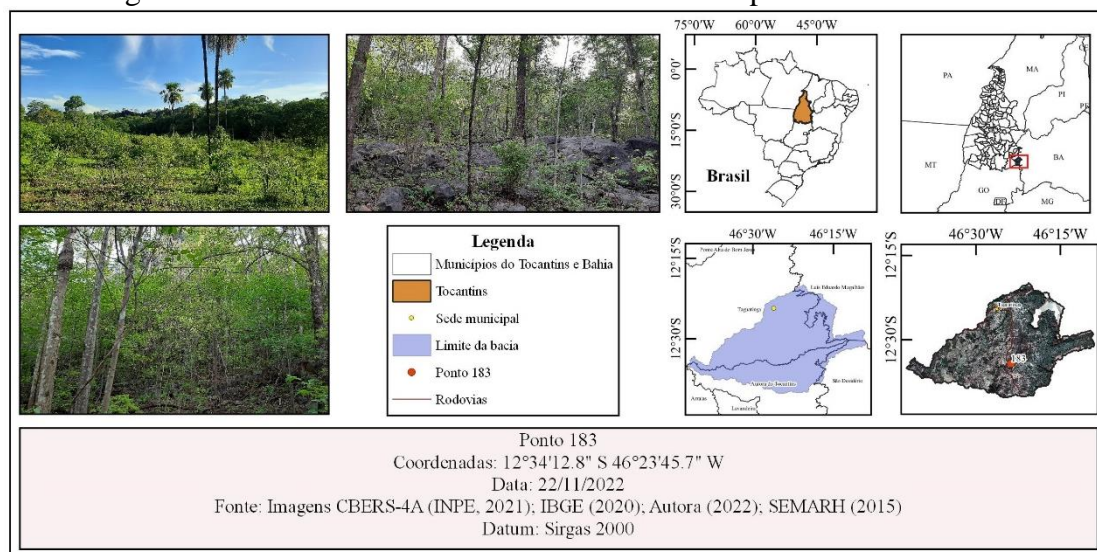
Figura 117 – Ponto 168 localizado às margens da rodovia BR-242



O ponto 183 está situado em uma área próxima ao rio Azuis, onde é possível visualizar o maciço de afloramento rochoso mais ao fundo da área, com presença de uma dolina e um sumidouro, além de vegetação típica próxima ao maciço e área de pastagem

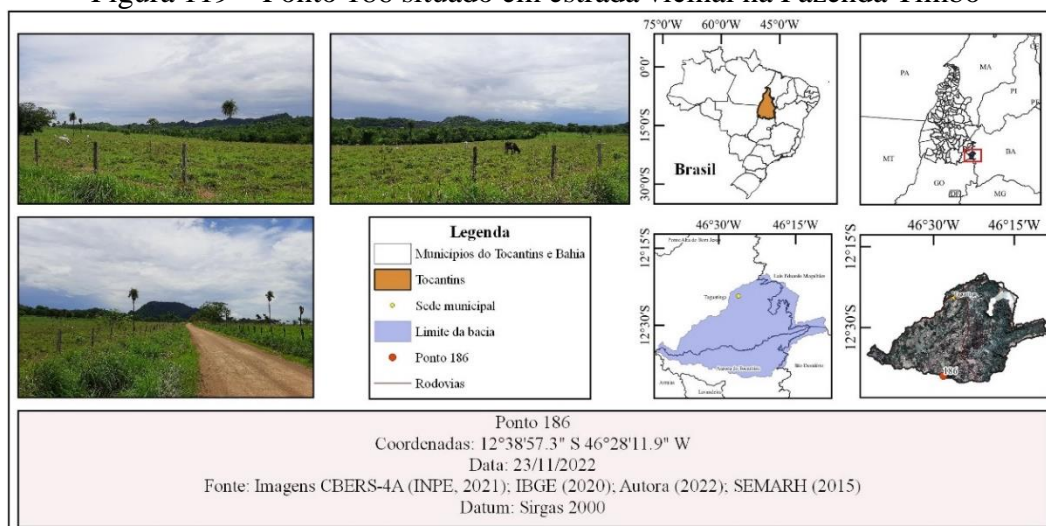
(Figura 118). O ponto está situado na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 118 – Ponto 183 situado em estrada vicinal próxima ao rio Azuis



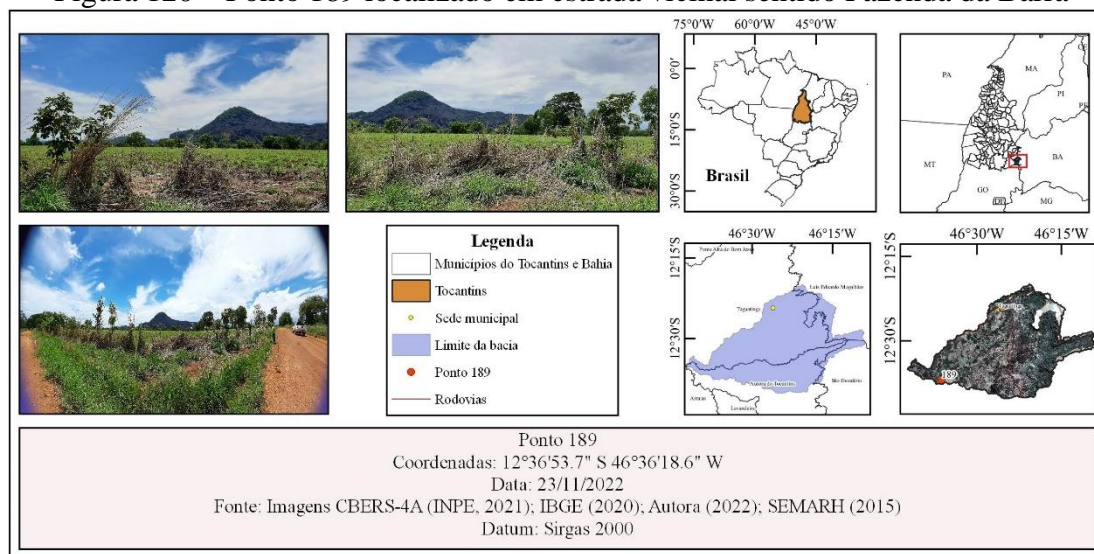
O ponto 186 localiza-se em uma estrada vicinal, onde foi possível visualizar uma grande área com presença de maciços rochosos e vegetação ao seu redor, além das áreas de pastagens (Figura 119). Nesse local, foi identificada uma dolina próxima ao maciço, e houve identificação de cavernas pelo CECAV na Fazenda Timbó: Abrigo do Xupé, Gruta Boca do Mocó, Gruta Criminoso, Gruta da Avenca, Gruta da Taboca, Gruta do Aratim, Gruta do Mandacaru, Gruta do Tamburil e Toca do Tatu. O ponto está situado na unidade geocológica 14c, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Nitossolo.

Figura 119 – Ponto 186 situado em estrada vicinal na Fazenda Timbó



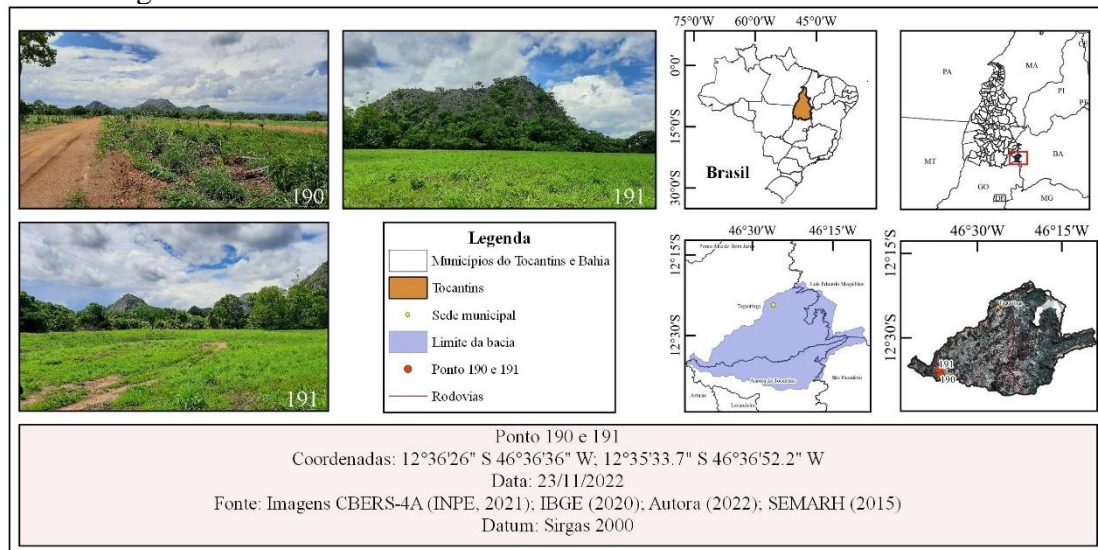
O ponto 189 localiza-se em estrada vicinal sentido Fazenda da Barra, onde foi possível visualizar um maciço de afloramento rochoso bem próximo ao limite da bacia do rio Sobrado, com presença de vegetação e área de pastagem (Figura 120). O ponto 189 está situado na unidade geocológica 14e, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Cobertura Detrito-Laterítica e Latossolo, e o maciço de afloramento rochoso está na unidade geocológica 14b, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 120 – Ponto 189 localizado em estrada vicinal sentido Fazenda da Barra



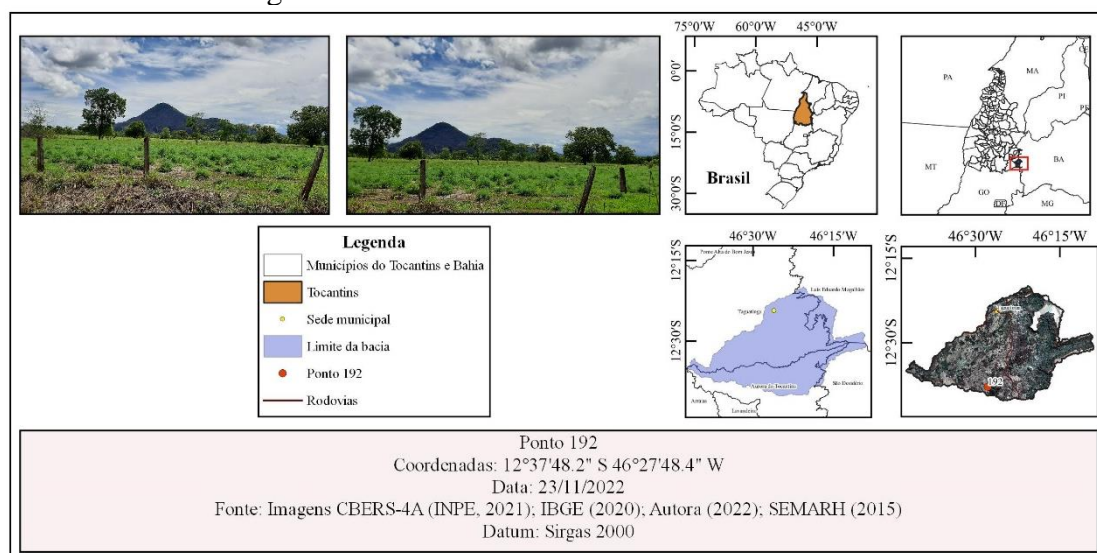
O ponto 190 está situado em estrada vicinal e foi possível visualizar maciços de afloramento rochoso, com vegetação ao seu redor e área de pastagem (Figura 121). O ponto 190 está situado na unidade geocológica 14e, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Cobertura Detrito-Laterítica e Latossolo. O ponto 191 está localizado na Fazenda Tamburil, no município de Aurora do Tocantins, a qual tem sua atividade vinculada à pecuária, com áreas de pastagens. Além disso, tem-se um maciço de afloramento rochoso situado ao lado da margem do rio Sobrado, inclusive em cima do maciço tem instalada uma grande caixa d'água abastecida com água do rio Sobrado, que, por ação da gravidade, é distribuída para diversos bebedouros instalados na Fazenda, com a finalidade de dessedentação dos animais. Do ponto 191 foi possível visualizar partes do maciço onde está situada a Gruta da Bica. O ponto 191 está situado na unidade geocológica 14, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa declividade, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 121 – Pontos 190 e 191 em estrada vicinal e Fazenda Tamburil



O ponto 192 está situado em estrada vicinal, onde foi possível visualizar o maciço de afloramento rochoso com vegetação ao seu redor e área de pastagem (Figura 122). Além disso, nesse maciço, foram identificadas seis cavernas pelo CECAV: Caverna Dois Irmãos, Gruta do Cemitério, Gruta do Sr. Nilton, Gruta Fazenda Angical, Gruta Poço da Estrela e Gruta Portal da Serra. O ponto está situado na unidade geológica 14c, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

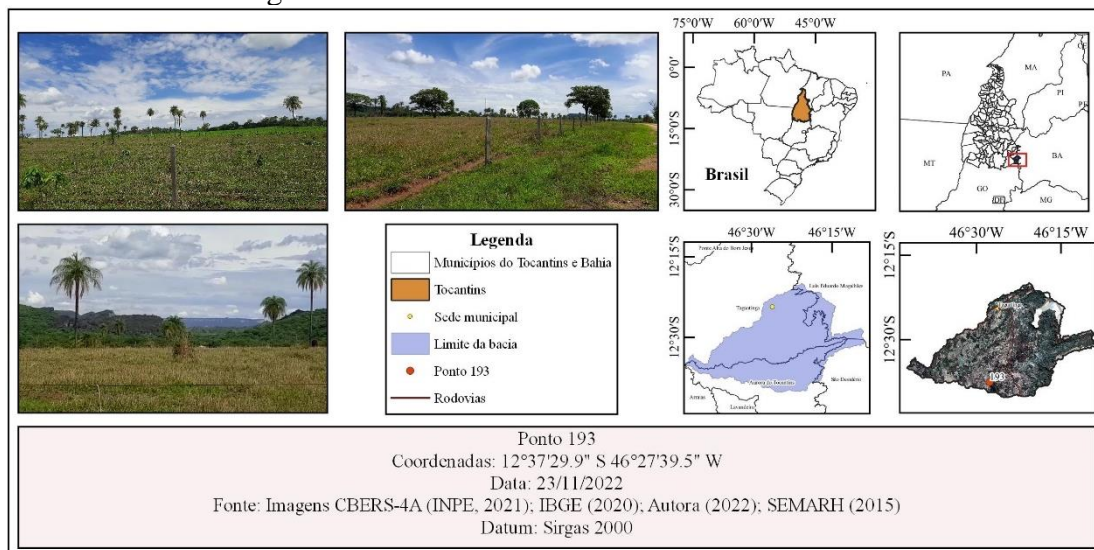
Figura 122 – Ponto 192 situado em estrada vicinal



O ponto 193 está situado em estrada vicinal, onde foi possível visualizar um maciço de afloramento rochoso, com vegetação ao seu redor e área de pastagem, e deste

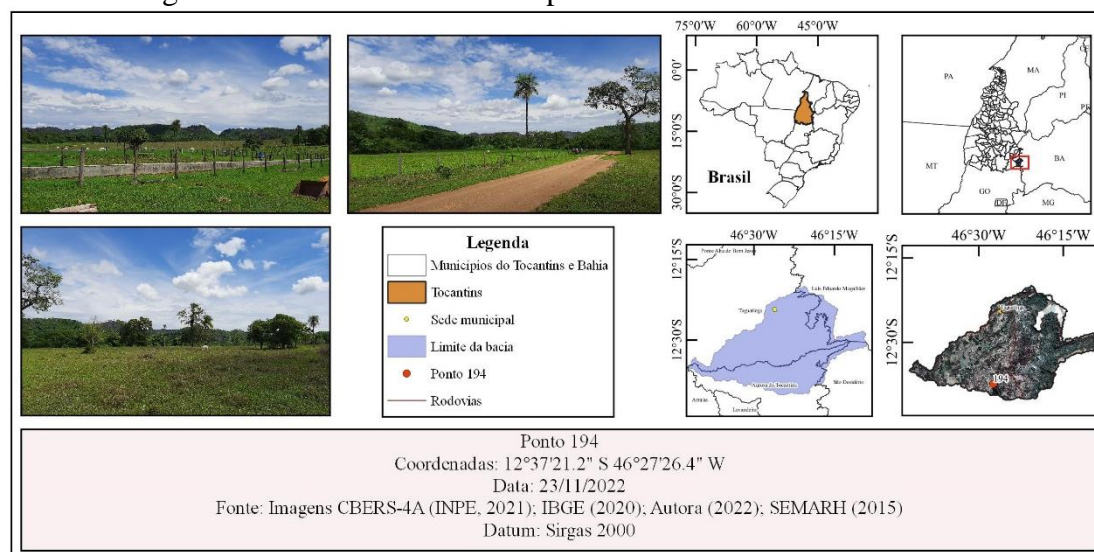
ponto percebe-se a Serra Geral ao leste (Figura 123). No maciço, foram identificadas diversas cavernas, entre elas, o Abismo Acabados e Gruta dos Cogumelos na Fazenda São Geraldo. O ponto está situado na unidade geocológica 14c, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 123 – Ponto 193 situado em estrada vicinal



O ponto 194 está situado próximo à sede da Fazenda Timbó, onde se visualizou estrutura das atividades de pecuária e área de pastagem. O maciço de afloramento rochoso possui ao seu redor vegetação (Figura 124). O ponto está situado na unidade geocológica 14c, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

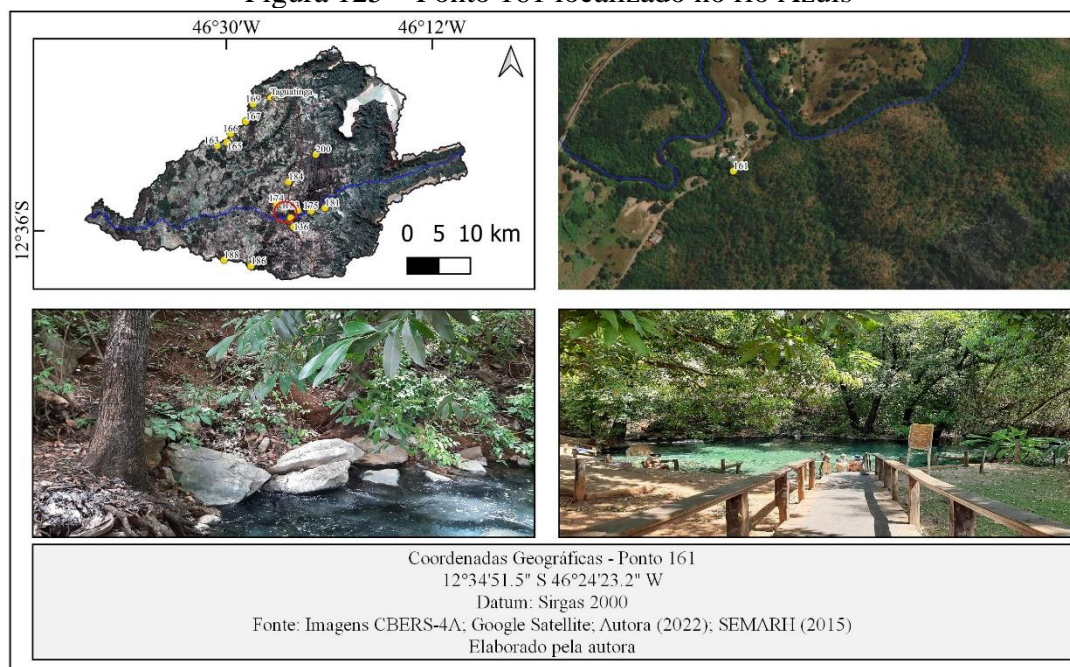
Figura 124 – Ponto 194 situado próximo à sede da Fazenda Timbó



As dolinas foram identificadas com auxílio do trabalho desenvolvido por Pereira e Morais (2023), que utilizaram, para a delimitação das depressões superficiais, um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução horizontal de 15 m, originado de interferometria de par de imagens Sentinel 1 IW. Além disso, aplicaram índices morfométricos e análise de imagens históricas do *software Google Earth Pro*, com finalidade de eliminar falsas depressões. Nessa etapa do trabalho de campo, foram visitados locais com presença de feições cársticas no âmbito da bacia do rio Sobrado, como dolinas, surgências e sumidouros, totalizando 14 pontos.

O primeiro ponto trata-se do rio Azuis, uma surgência cárstica, ponto 161, localizada no município de Aurora do Tocantins (Figura 125). Esse local é um atrativo turístico, recebe inúmeras pessoas e possui, em sua abrangência, diversas áreas edificadas, estrada pavimentada, entre outros. Por se tratar de uma importante área de lazer, necessita de propostas para criação de unidades de conservação (proteção integral ou uso sustentável) para conciliar desenvolvimento e conservação ambiental, principalmente no que diz respeito a descarte de lixo e esgoto produzidos pelos estabelecimentos comerciais e residenciais.

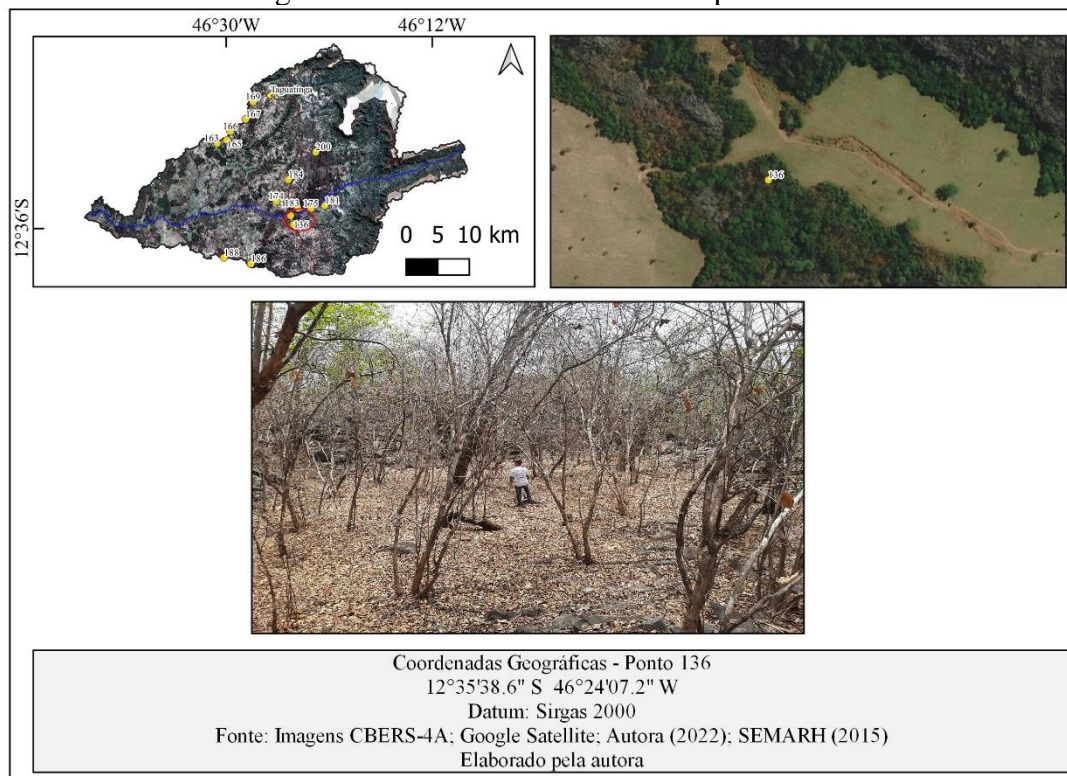
Figura 125 – Ponto 161 localizado no rio Azuis



O ponto 136 se refere à identificação de uma dolina de dissolução, caracterizada pelo processo de dissolução superficial da rocha. A área está coberta por vegetação típica

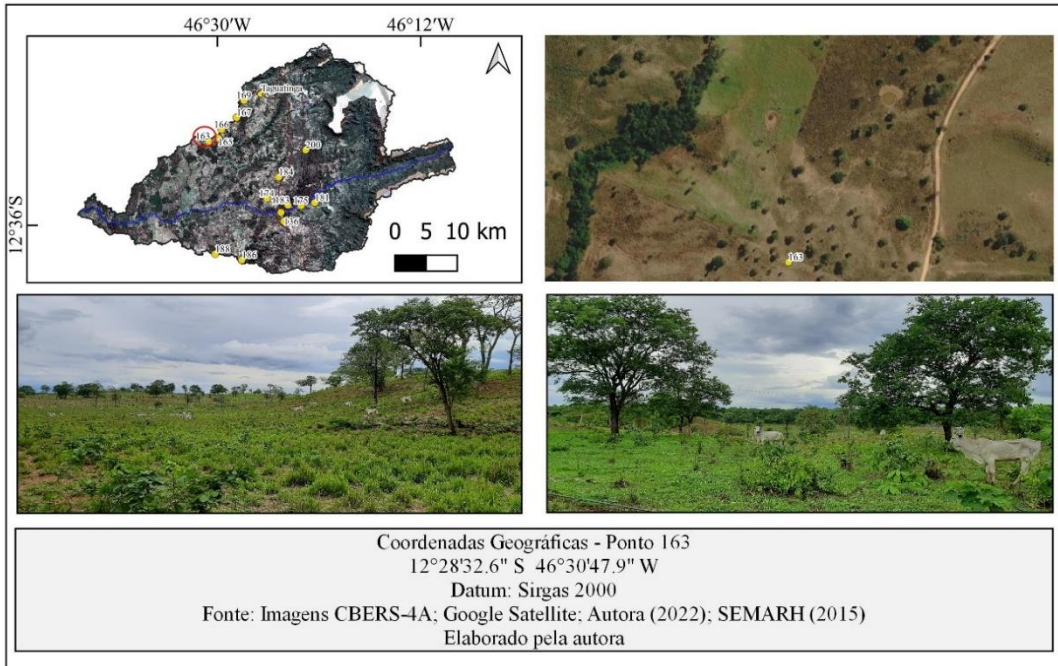
(Floresta Estacional Decidual), com presença de maciços de afloramento rochoso ao seu redor com lapiás e área de pastagem (Figura 126).

Figura 126 – Dolina identificada no ponto 136



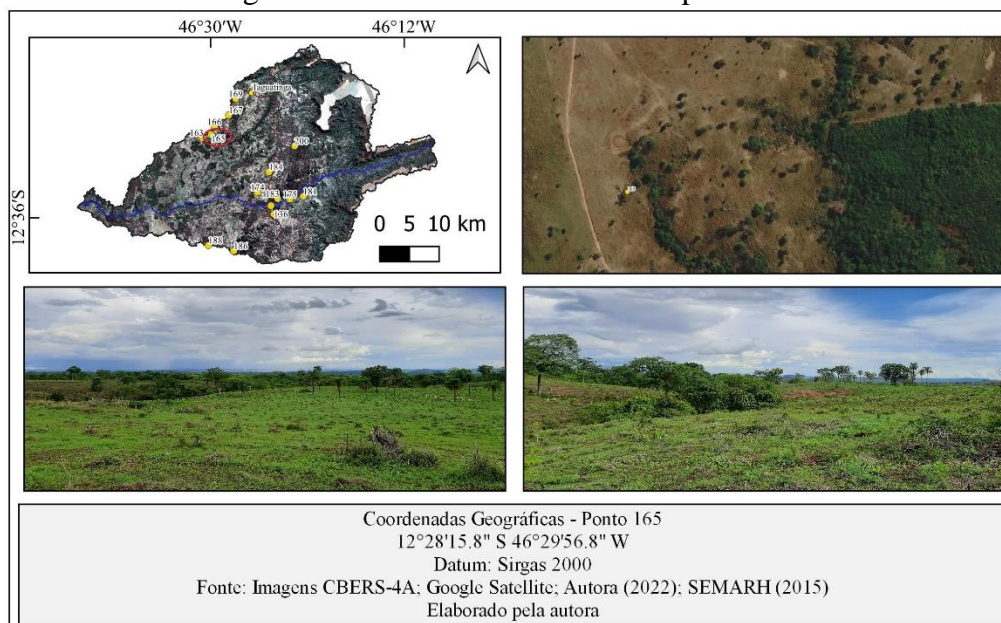
O ponto 163 se trata de uma dolina de dissolução, com pastagem em sua abrangência (Figura 127). Está localizada na unidade geológica 14, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo. Possui estrada vicinal no entorno da dolina e área de vegetação próxima.

Figura 127 – Dolina identificada no ponto 163



O ponto 165 se trata de uma dolina de dissolução, com pastagem em sua abrangência (Figura 128), uma pequena barragem para armazenar água da chuva para dessedentação de animais e uma área com vegetação. Está localizada na unidade geocológica 14, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 128 – Dolina identificada no ponto 165



O ponto 166 se trata de uma dolina de dissolução, com pastagem em sua abrangência (Figura 129) e uma área coberta com vegetação. Está localizada na unidade geocológica 14b, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

O ponto 167 se trata de uma dolina de dissolução, com pastagem em sua abrangência (Figura 130) e uma área coberta por vegetação ao fundo. Está localizada na unidade geocológica 9b, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 129 – Dolina identificada no ponto 166

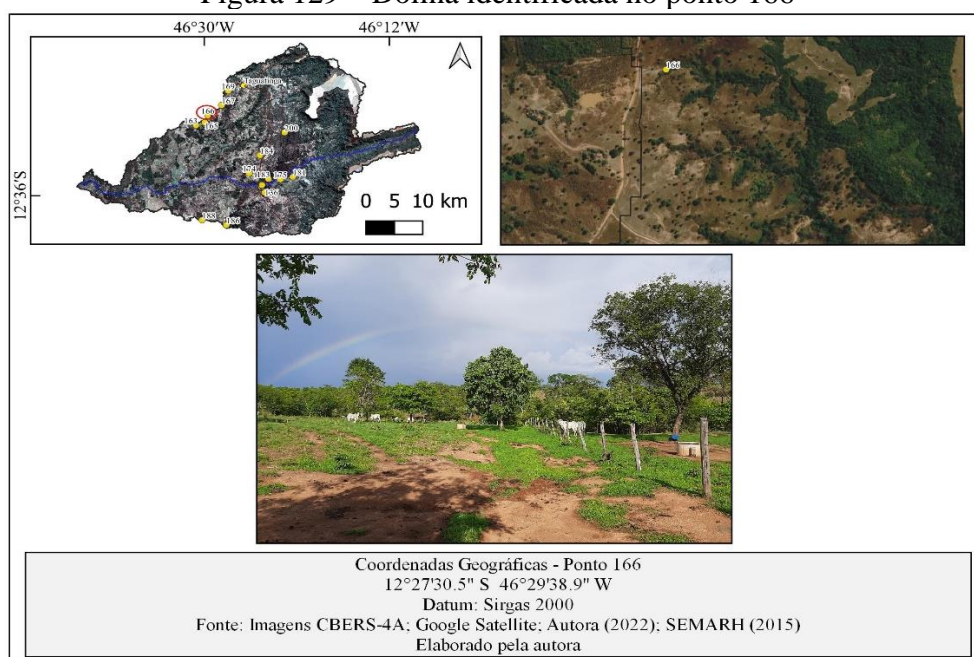
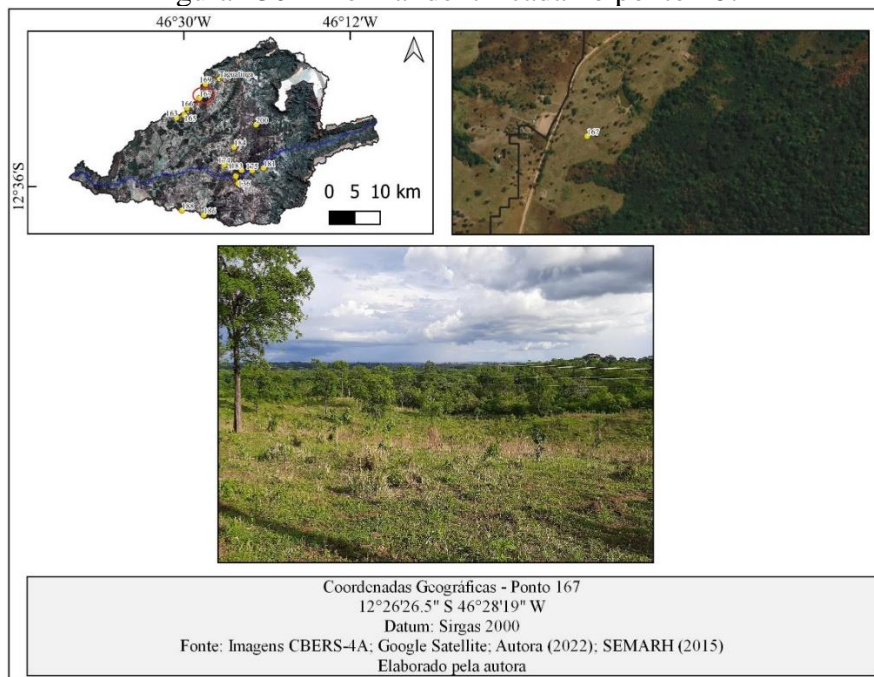
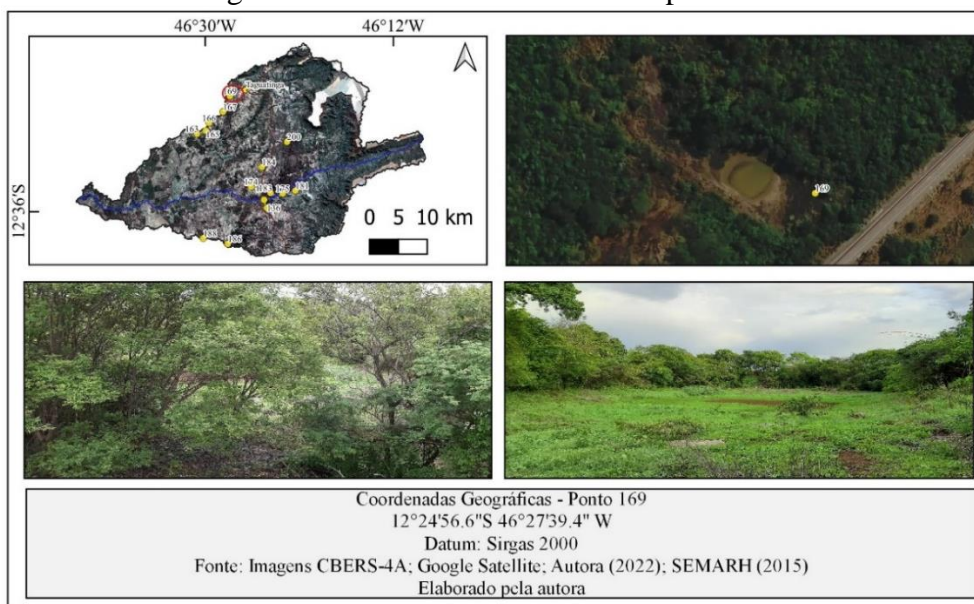


Figura 130 – Dolina identificada no ponto 167



No ponto 169, localizado às margens da rodovia BR-242, identificou-se uma dolina de dissolução, com a presença de área úmida, que possui ao seu redor uma área coberta por vegetação bem preservada (Figura 131). Está localizada na unidade geocológica 9b, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 131 – Dolina identificada no ponto 169



No ponto 174, identificou-se uma dolina de dissolução, com área de pastagem em sua abrangência, na comunidade Barreiro Dantas (Figura 132), possui uma pequena barragem para armazenamento de água com finalidade de dessedentação dos animais. Com fragmentos de vegetação ao seu redor, uma delas é Mata Ciliar onde está presente uma nascente. Nesse local, foi possível identificar, em dois pontos distintos, presença da árvore denominada Barriguda (*Cavanillesia arborea*), espécie identificada em áreas cársticas (Figura 133). Está localizada na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 132 – Dolina identificada no ponto 174

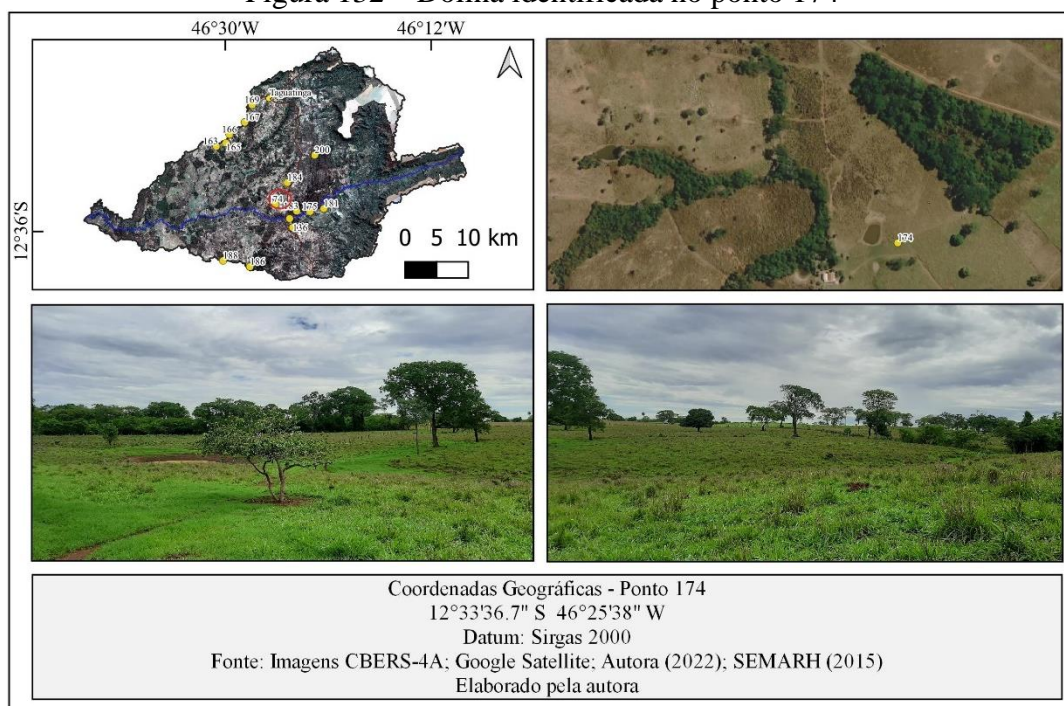


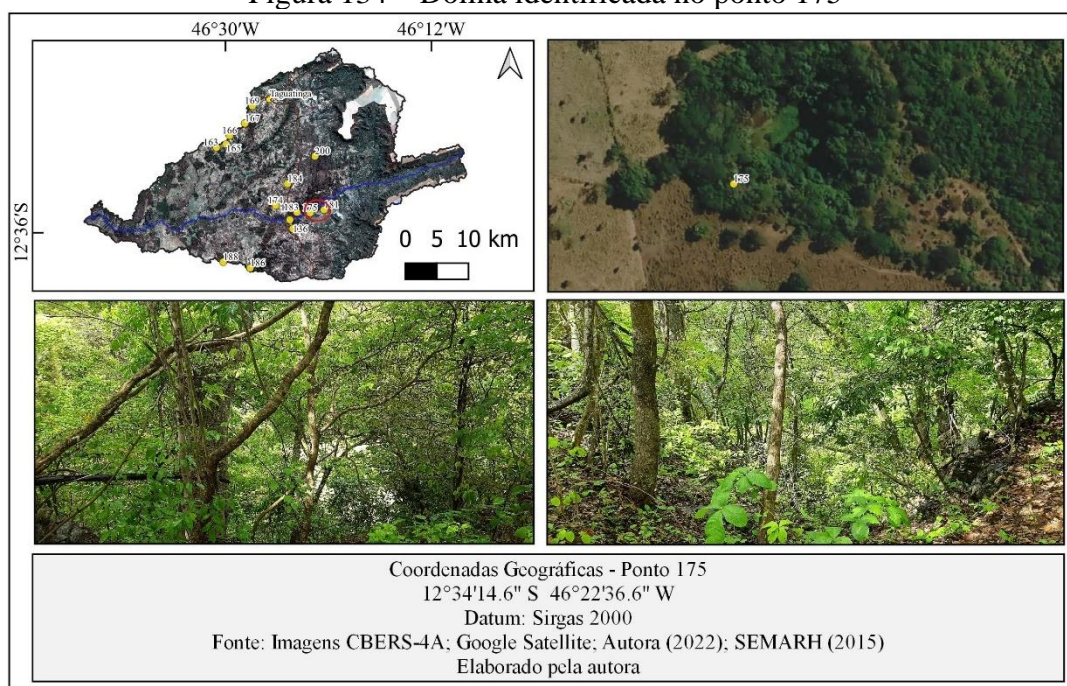
Figura 133 – Imagem da árvore Barriguda próxima à dolina do ponto 174



Fonte: Autora (2022).

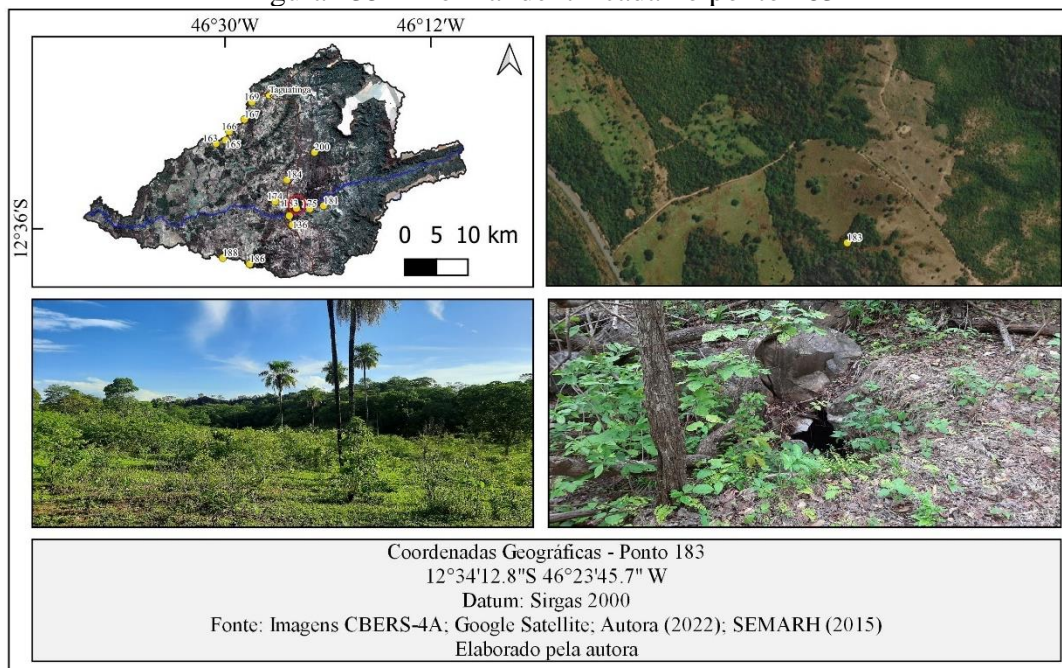
No ponto 175, foi identificada uma dolina de colapso, caracterizada por uma depressão fechada formada pelo abatimento de rocha, com presença de água em seu interior. Está situada na Fazenda Brejinho, possui vegetação bem preservada na área ao redor (Formação Savânica e Formação Florestal). Em suas proximidades, há pastagem (Figura 134). Ao redor da dolina, tem-se vegetação arbórea de porte mais alto, inclusive identificou-se a árvore conhecida por Barriguda e diversos cactos. Está localizada na unidade geocológica 9b, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 134 – Dolina identificada no ponto 175



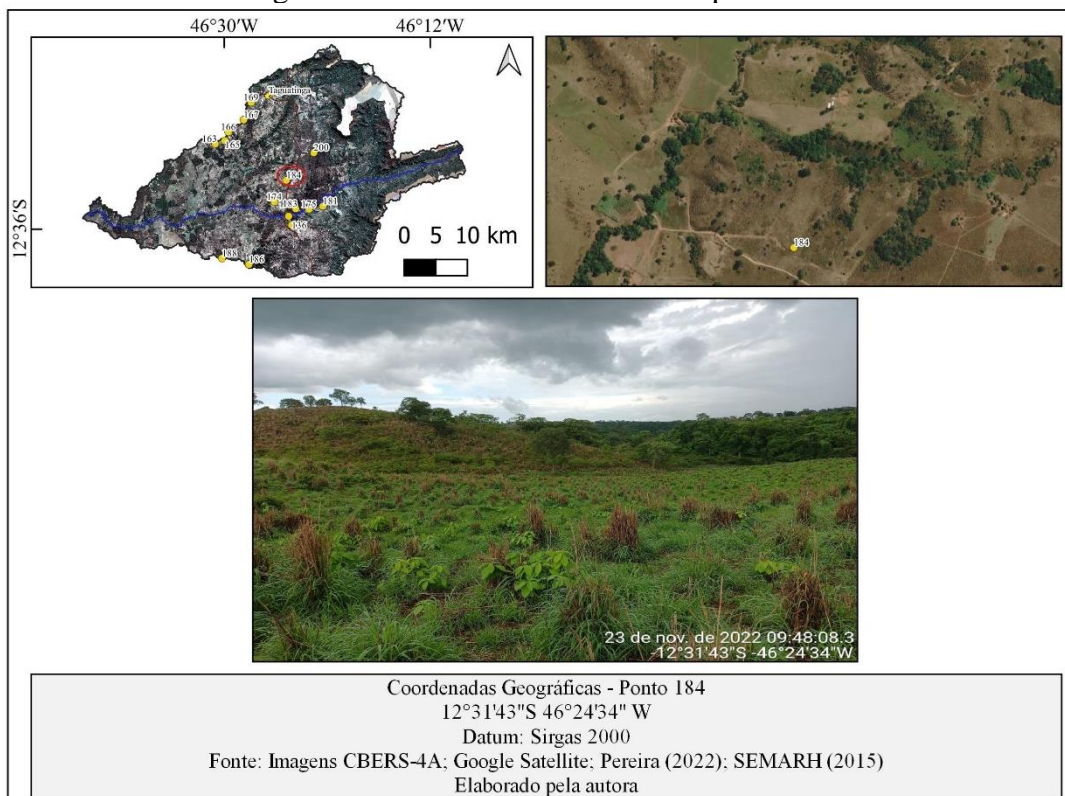
No ponto 183, foi identificada uma dolina de dissolução, próxima ao rio Azuis, a qual possui vegetação predominante de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) nas proximidades do maciço de afloramento rochoso, área de pastagem, um sumidouro (Figura 135), árvores de porte médio a alto e cactos. Está localizada na unidade 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 135 – Dolina identificada no ponto 183



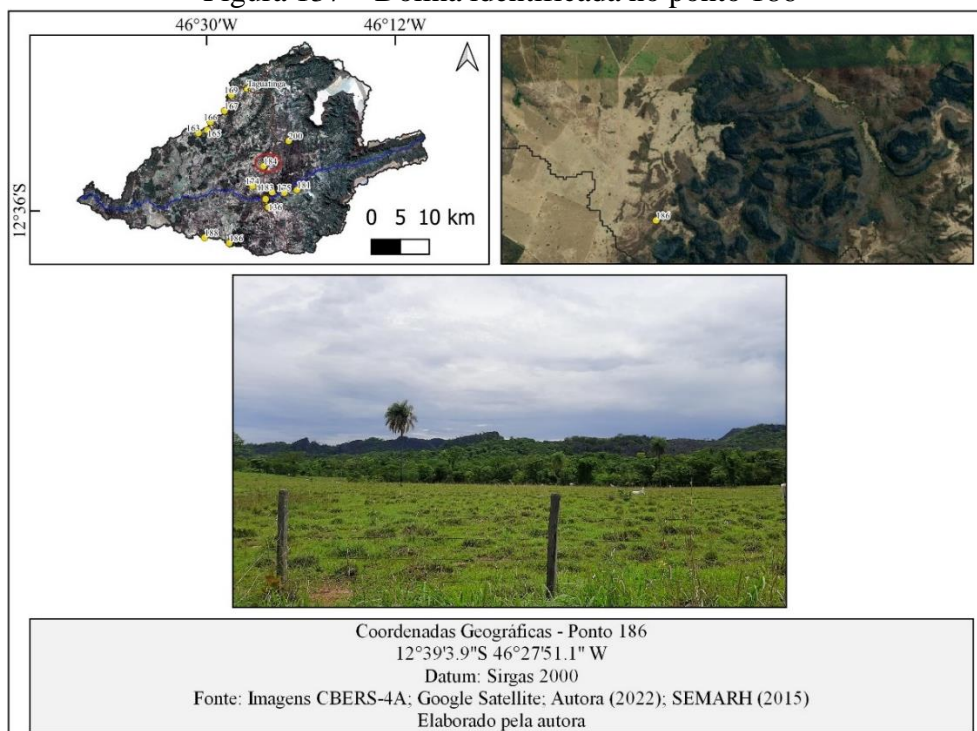
No ponto 184, identificou-se uma dolina de dissolução, com área de pastagem em sua abrangência, além da área coberta por vegetação em suas proximidades (Figura 136). Está localizada na unidade geocológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo.

Figura 136 – Dolina identificada no ponto 184



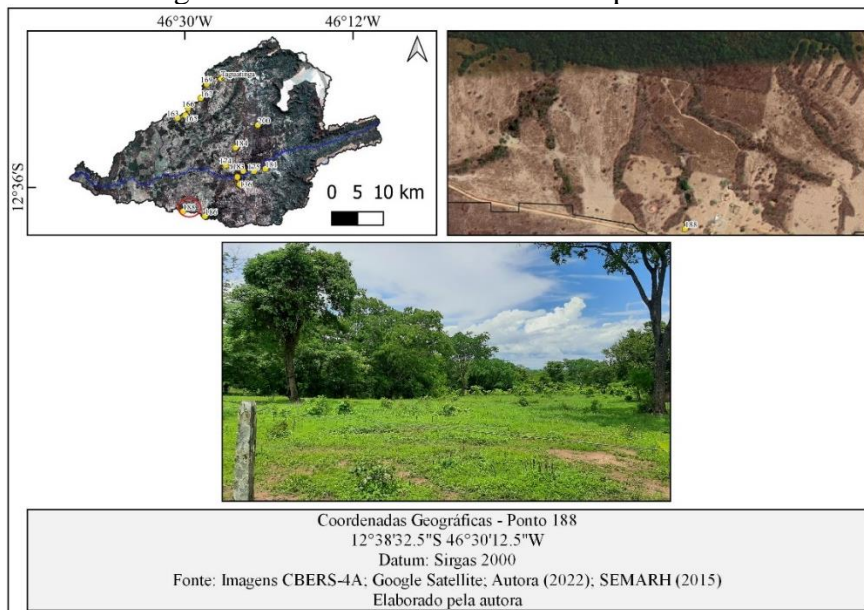
No ponto 186, identificou-se uma dolina de dissolução nas proximidades de um maciço de afloramento rochoso. Na área em torno, há pastagem, porém a dolina está coberta por vegetação (Figura 137). Está localizada na unidade geocológica 9, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Afloramento Rochoso.

Figura 137 – Dolina identificada no ponto 186



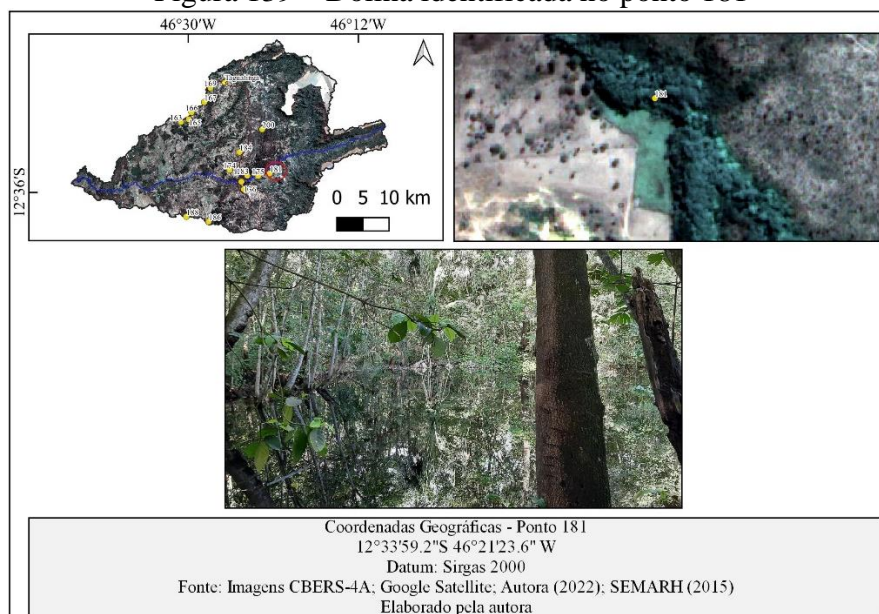
O ponto 188 se refere a uma dolina de dissolução com presença de vegetação, e, ao seu redor, há área de pastagem (Figura 138). Está localizada na unidade geocológica 14c, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Nitossolo.

Figura 138 – Dolina identificada no ponto 188



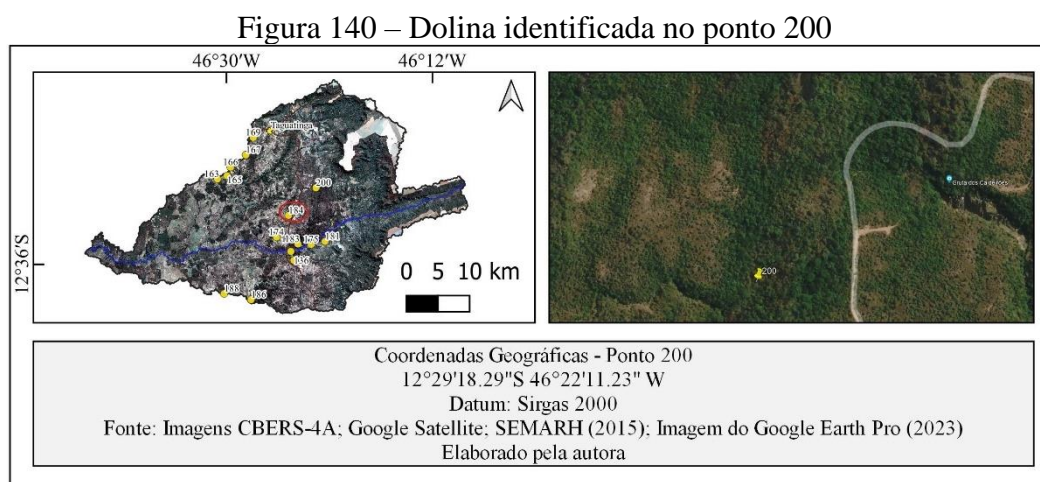
No ponto 181, foi identificada uma lagoa formada sobre uma dolina, com vegetação bem preservada ao seu redor, árvores de porte médio a alto (Figura 139). Em sua proximidade, há área de pastagem e uma pequena área cultivada com cana-de-açúcar. Está localizada na unidade geocológica 14b, pediplano retocado inumado, com declividade intermediária, baixa altitude, Grupo Bambuí e Neossolo.

Figura 139 – Dolina identificada no ponto 181



O ponto 200 se refere a uma dolina de dissolução com vegetação bem conservada, e, em sua proximidade, está localizada a Gruta dos Caldeirões. Está inserida na unidade

geoecológica 9a, carste descoberto, com declividade suave, baixa altitude, Grupo Bambuí e Cambissolo (Figura 140).

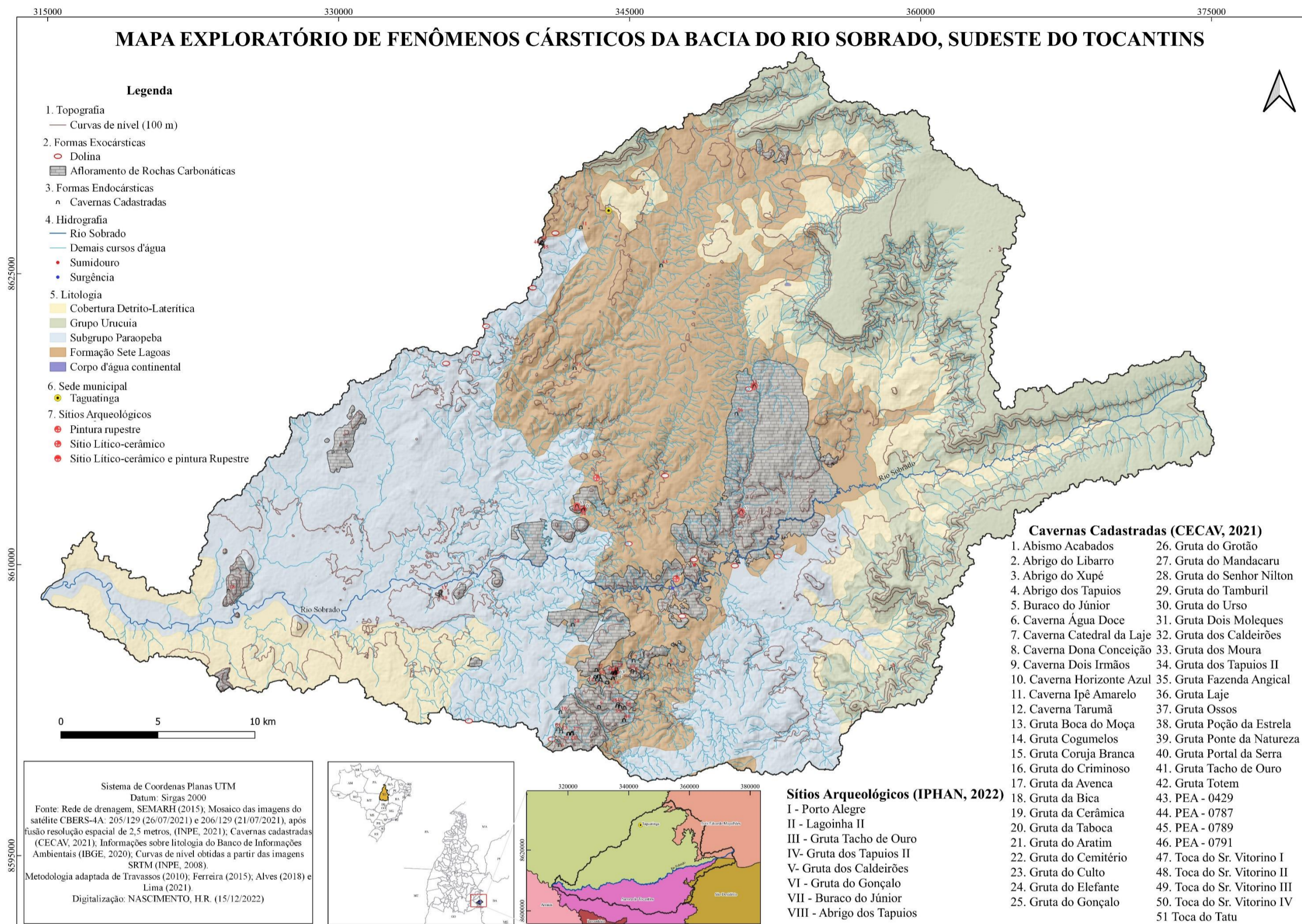


A partir da integração das informações validadas e observadas em trabalho de campo, interpretação de imagens de satélite, localização das cavernas e dos sítios arqueológicos cadastrados, formações geológicas, curvas de nível e rede de drenagem, foi possível elaborar o mapa exploratório de fenômenos cársticos da bacia do rio Sobrado (Figura 141).

Assim, o referido mapa representa uma ferramenta valiosa que vai além da simples visualização geográfica, pois contribui para o conhecimento sobre as características da região. O mapa exploratório de fenômenos cársticos demonstra a distribuição das feições descritas e identificadas na área de estudo, e serve de base para a realização de futuras pesquisas, e principalmente para a elaboração de políticas públicas que contemplem a proteção do carste.

Além disso, o mapa desempenhou um papel fundamental na identificação das unidades geoecológicas em que estão localizadas as feições cársticas, a fim de identificar seus limites e suas potencialidades, bem como o uso e a cobertura da terra e seus efeitos sobre essa paisagem que serão apresentados e discutidos no capítulo 9.

Figura 141 – Mapa Exploratório de Fenômenos Cársticos da bacia do rio Sobrado



9 ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DE USO E FRAGMENTAÇÃO DAS UNIDADES GEOECOLÓGICAS DA PAISAGEM DA BACIA DO RIO SOBRADO COM PRESENÇA DE FEIÇÕES CÁRSTICAS E ATRATIVOS TURÍSTICOS

Analisar a dinâmica de uso e o processo de fragmentação foi necessário para compreender o processo de ocupação e os efeitos. Além disso, torna-se necessário o diagnóstico da evolução temporal da paisagem para cada unidade geológica com presença de feições cársticas e atrativos turísticos, a fim de utilizar essas informações como subsídios para planejamento e gestão ambiental dessa área.

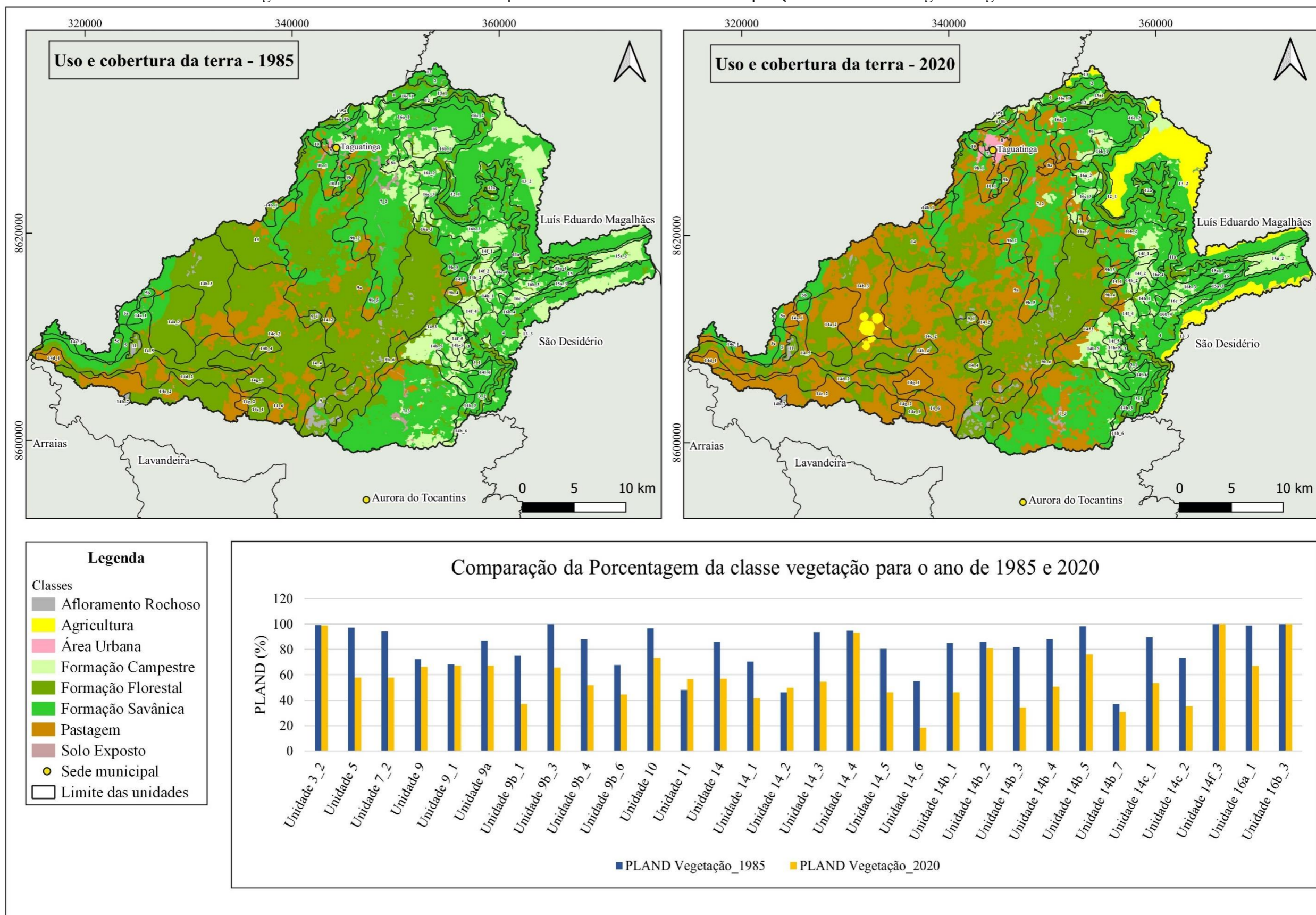
Das 37 unidades geológicas delimitadas no âmbito da bacia do rio Sobrado, após realizar a sobreposição do mapa de unidades com o mapa exploratório de fenômenos cársticos, foi possível identificar presença de feições cársticas em 12 unidades, sendo elas: 3, 5, 7, 9, 9a, 9b, 10, 11, 14, 14b, 14c e 16a. Além destas, verificaram-se, na unidade 14f e 16b, dois atrativos turísticos, o Poço dos Amores e a Cachoeira do Registro (PCH-Sobrado), respectivamente.

Ao analisar as unidades geológicas com presença de feições cársticas, identificou-se que a maioria delas se encontra sob pressão das atividades humanas, com destaque para a pecuária. Isso ocorre pelo fato de que essas unidades geológicas apresentam declive suave, que varia de 0 a 20%, favorecendo implantação de atividades agropecuárias.

A expansão de atividades agropecuárias promove a retirada da vegetação natural. Essa modificação foi observada na maioria das unidades geológicas analisadas no período entre 1985 e 2020, resultando na redução da área de cobertura vegetal nativa (Figura 142). Dessa forma, afeta o fornecimento de serviços ecossistêmicos e os ciclos biogeoquímicos e pode conduzir a perda da biodiversidade, erosão do solo, entre outros prejuízos (GUO *et al.*, 2023).

É importante salientar que o carste apresenta alto nível de fragilidade ambiental, por isso qualquer modificação na superfície implica em prejuízos ao meio subterrâneo, necessitando de ações de planejamento, a fim de minimizar os efeitos negativos. Um dos impactos produzidos pela remoção da cobertura vegetal nativa se refere ao processo de fragmentação dos remanescentes e representa uma ameaça à manutenção da biodiversidade e resulta em prejuízos aos serviços ecossistêmicos essenciais (Haddad *et al.*, 2015).

Figura 142 – Uso e cobertura da terra para o ano de 1985 e 2020 e a sobreposição com as unidades geológicas da BHRS

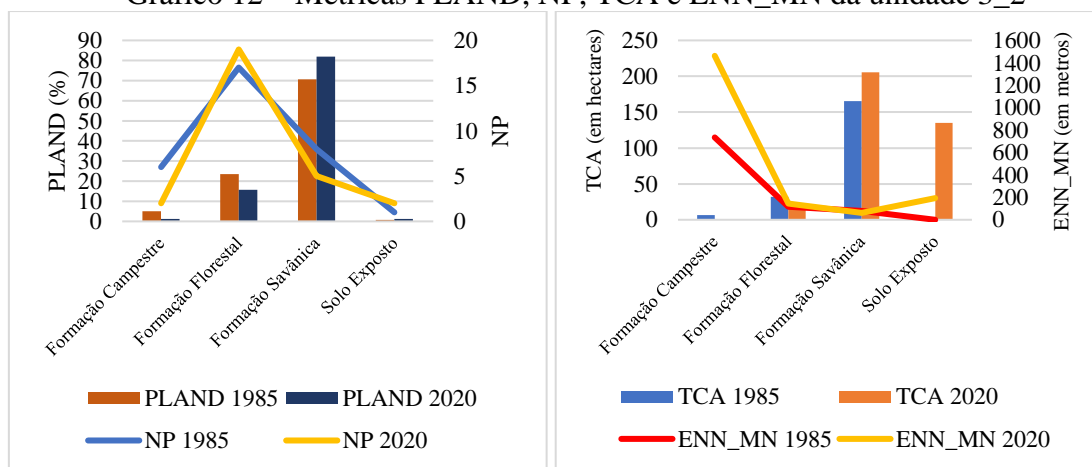


A unidade geocológica 3_2 apresenta alto nível de fragilidade ambiental em função da inter-relação entre os diversos aspectos físico-naturais (declividade, altitude, geologia e solo). A conservação da vegetação nativa nessa unidade é primordial para manter estabilidade, e a análise de uso demonstrou que se encontra preservada e sem presença de intervenção humana e diferencia-se das demais por estar associada ao Grupo Urucua.

A Formação Savânica representa a matriz da paisagem da unidade geocológica 3_2, ocupa 81,92% da área, além da presença de Formação Campestre (1,23%) e Formação Florestal (15,67%). A matriz é o ecossistema que exerce papel principal no fluxo de energia, materiais e espécies em uma determinada área (Forman, 1995).

Houve redução do número de fragmentos na comparação entre 1985 e 2020 para a Formação Savânica, isso se deve à aglutinação dos fragmentos mais próximos (Gráfico 12). Tal fato pode ser evidenciado pela diminuição da distância média ao vizinho mais próximo (Apêndice A).

Gráfico 12 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 3_2



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Em relação ao índice de forma dos fragmentos, os valores ficaram estáveis para o período de análise. Ocorreu redução da área interior para as Formações Campestre e Florestal e aumento desse valor para a Formação Savânica. Diante disso, houve redução da área ocupada pela Formação Campestre e pela Formação Florestal, seguida do aumento da distância média entre os fragmentos (Gráfico 12).

A unidade geocológica 3_2 apresenta cobertura vegetal em sua totalidade (Figura 143), e isso é importante para manutenção do equilíbrio ambiental. Possui cadastrada, em

sua abrangência, uma caverna, denominada Abrigo do Libarro, que ocupa o 13º lugar entre as 15 cavernas estudadas por Barros, Bernard e Ferreira (2021) e foi indicada como área prioritária para conservação por atender ao critério de diversidade e riqueza de espécies de morcegos. E apresenta, em sua localização, um atrativo turístico, a Cidade dos Totens (Figura 144).

Figura 143 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 3_2 para 1985 e 2020

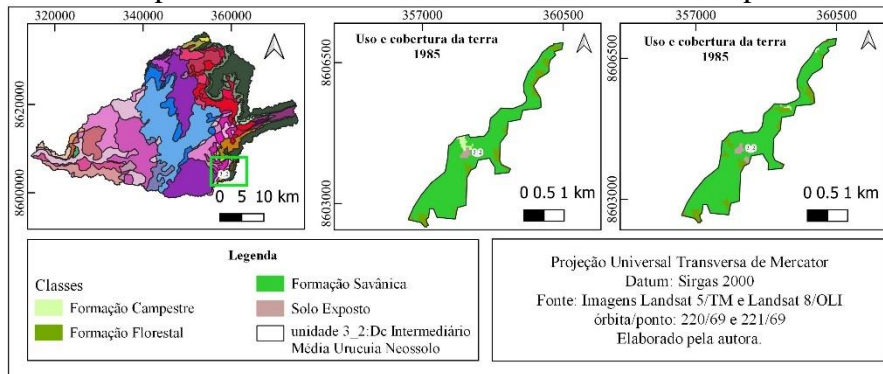


Figura 144 – Cidade dos Totens localizada na unidade geocológica 3_2



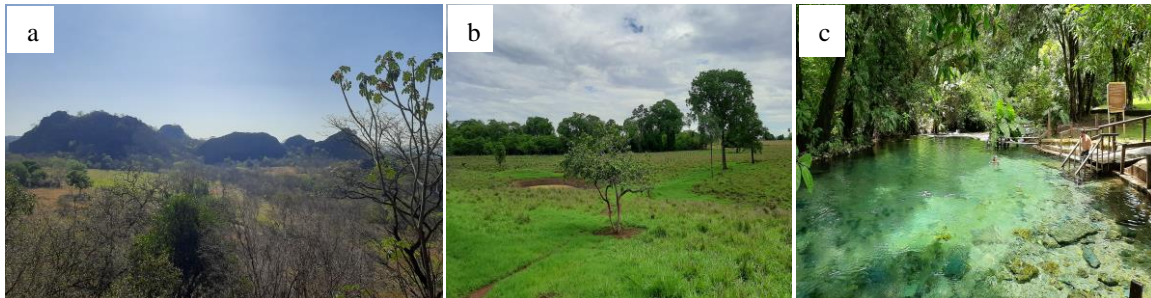
Fonte: Moura (2022).

Os morcegos constituem uma das espécies que mais estão associadas ao ambiente cavernícola (Watson *et al.*, 1997) e desempenham importante função ecológica nesses locais, contribuindo diariamente com uma das principais fontes de energia do ecossistema subterrâneo, por meio da deposição de guano. Assim, representam organismos essenciais no processo de importação de nutrientes para diversos animais invertebrados e vertebrados presentes nas cavernas (Ferreira; Prous; Martins, 2007; Guimarães; Ferreira, 2014).

As unidades geocológicas 5, 7, 9, 9a, 9b, 10, 11, 14, 14b, 14c e 16a se desenvolveram sobre as rochas do Grupo Bambuí, independentemente do modelado geomorfológico. As unidades que exibem maior quantidade de feições cársticas compreendem o modelado do carste descoberto, com destaque para as unidades 9, 9a e

9b, que abrigam 41 das 51 cavernas cadastradas pelo CECAV na área da bacia, além de maciços, dolinas e uma surgência bastante conhecida na rota dos atrativos turísticos da região, o rio Azuis (Figura 145).

Figura 145 – Exemplos das feições cársticas presentes na BHRS

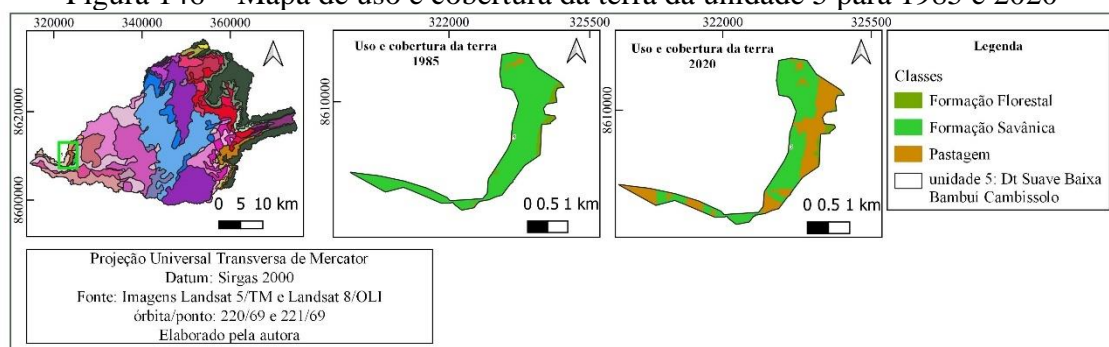


Fonte: Autora (2022). Legenda: a – maciço de afloramento rochoso na unidade 9; b- dolina na unidade 9a; c- rio Azuis na unidade 9a.

As unidades geológicas 5 e 7 possuem características físicas como litologia e tipo de solo que contribuem para o alto nível de fragilidade ambiental. Entretanto, esse fator pode ser intensificado pela conversão de áreas naturais em pastagem e área urbana, fato observado na comparação entre os dados de uso para o período entre 1985 e 2020.

Na unidade geológica 5, no ano de 1985, identificou-se presença da classe pastagem (Figura 146). Para o ano de 2020, ocorreu expansão da área de pastagem, que atualmente ocupa 42,21% da paisagem, em detrimento da substituição desta pelas áreas cobertas pela Formação Florestal (3,76%) e Formação Savânica (53,98%), sendo que esta última representa a matriz da paisagem para essa unidade.

Figura 146 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 5 para 1985 e 2020

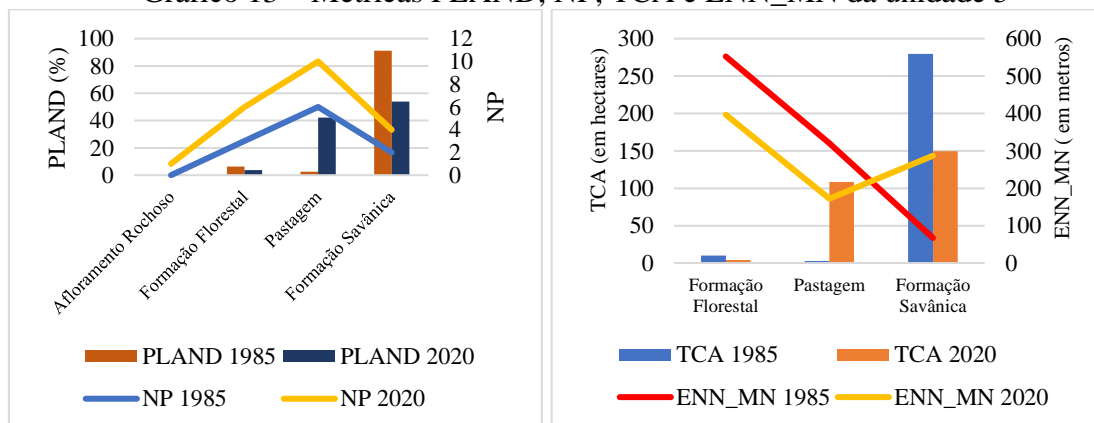


A métrica NP (número de fragmentos) demonstra aumento do número de fragmentos para todas as classes de cobertura vegetal, indicando a existência do processo de fragmentação (Gráfico 13). O índice de forma aponta redução para a Formação

Florestal, indicando uma proximidade com o valor ideal. Para a Formação Savânica, esse valor indica para a irregularidade do formato (Apêndice B).

Para área interior, houve redução para as classes de cobertura vegetal nativa, e aumento desse valor para a classe pastagem. Ocorreu diminuição dos valores de distância média para Formação Florestal e aumento para Formação Savânica, evidenciando a fragmentação dessa classe (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 5



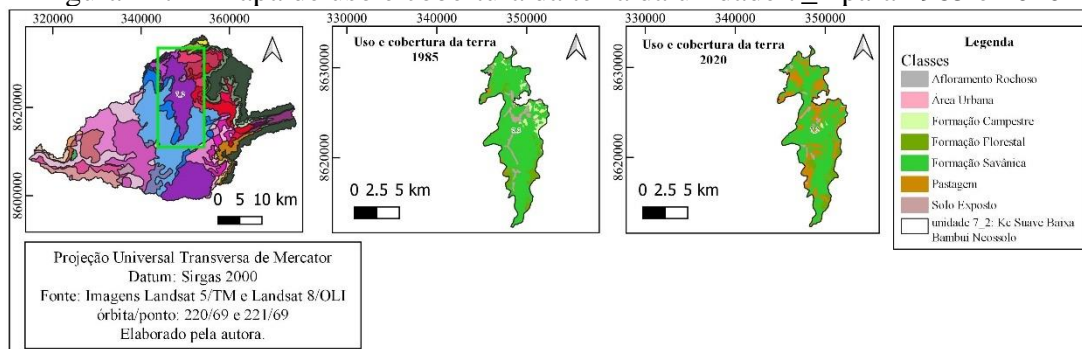
Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Os dados apresentados pelas métricas na unidade geológica 5 demonstram perda da cobertura vegetal nativa, bem como substituição por área de pastagem. E a expansão da atividade antrópica promoveu o processo de fragmentação, indicado pelo aumento do número de fragmentos e diminuição da área central, além do formato irregular que aumenta sua vulnerabilidade diante das pressões antrópicas (Etto *et al.*, 2013).

O tipo de solo presente nessa unidade geológica exige manejo adequado e, por apresentar maciço de afloramento de rochas carbonáticas, necessita da conservação da vegetação remanescente a fim de proteger o solo, que apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001) e manutenção dos processos cársticos (Gillieson, 1996).

A unidade geológica 7_2 (Figura 147) apresenta como matriz Formação Savânica (43,90%), com representantes da Formação Campestre (1,53%) e Formação Florestal (12,31%), porém, ocorreu expansão da classe pastagem, que atualmente ocupa 41,12%, da área urbana (0,05%) e do solo exposto (0,96%), ocasionando diminuição das áreas de cobertura vegetal nativa (Apêndice C).

Figura 147 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 7_2 para 1985 e 2020



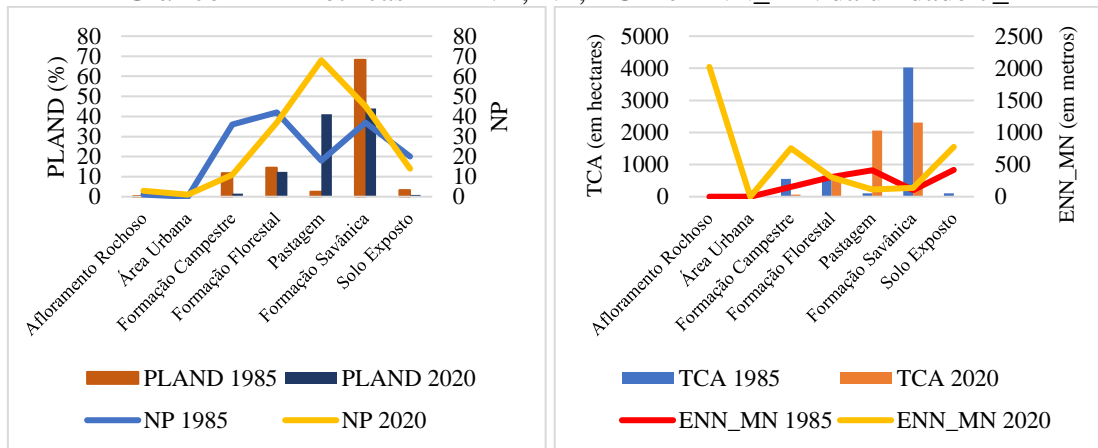
Houve diminuição do índice de forma das Formações Campestre e Florestal, e ainda apresenta um formato irregular. A Formação Savânica apresentou aumento do índice de forma, indicando que o avanço das atividades antrópicas tem influenciado seu formato, com conseqüente diminuição da qualidade ambiental. Ocorreu diminuição da área interior para todas as formações vegetais e, com isso, a disponibilidade de área de *habitat* para as espécies locais. Além disso, houve aumento da distância média entre os fragmentos, o que afeta o deslocamento das espécies (Gráfico 14).

Os dados apresentados apontam para diminuição da qualidade dos fragmentos remanescentes e da área média e máxima destes, além da subdivisão de fragmentos com área superior a 100 hectares, principalmente da Formação Savânica que representa a matriz dessa unidade.

As transformações na estrutura da cobertura vegetal influenciam diretamente nos processos ecológicos (Fernandes; Pimentel, 2019), principalmente quando se trata de áreas cársticas. Essas áreas compreendem um ecossistema com grande biodiversidade e existência de espécies raras e endêmicas, devido à variedade de *habitats* e adaptadas às particularidades do ambiente (Timo *et al.*, 2022).

A presença de vegetação nesses locais é um indicador da qualidade ambiental e da manutenção do equilíbrio. As árvores, serrapilheira e raízes exercem papel regulador do fluxo de água, pois interceptam as águas e auxiliam na infiltração no solo. O processo de remoção da vegetação em áreas cársticas promovem alteração no fluxo e na qualidade da água, aumento da ocorrência de processos erosivos, assoreamento de rios, cavernas e dolinas, comprometendo, assim, o suprimento de água tanto no aquífero cárstico quanto nos cursos d'água superficiais e a todo o ecossistema associado (Watson *et al.*, 1997).

Gráfico 14 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 7_2



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A vegetação proporciona nutrientes para as espécies que habitam as cavernas, além da importação de alimentos por outros animais que se abrigam nesses locais, como os morcegos. E as mudanças na configuração e na composição da paisagem podem afetar a disponibilidade de recursos alimentares e o transporte até esses animais, além de alterar as condições climáticas e o estado natural que interferem na sobrevivência. As comunidades ali presentes são pequenas e bastante vulneráveis à extinção (Goldscheider, 2019).

No trabalho de campo na unidade 7_2, observaram-se diferentes formas de uso e ocupação da paisagem, como: rodovias, aeroporto de Taguatinga e imóveis rurais com presença da atividade de pecuária. Porém ainda se encontram áreas com cobertura vegetal nativa e locais com sinais de desmatamento (Figura 148).

Figura 148 – Diferentes formas de uso e ocupação na unidade geocológica 7_2



Fonte: Autora (2021, 2022, 2023).

As unidades geológicas 9, 9a e 9b apresentam características geomorfológicas e geológicas semelhantes, diferenciam-se em relação ao tipo de solo. Essa combinação de características físicas eleva o nível de fragilidade ambiental, que pode ser potencializado pela inserção de atividades humanas. Nas três unidades, a cobertura vegetal está preservada com nível superior a 60% da ocupação.

Esse alto nível de cobertura vegetal se deve à vegetação que recobre os maciços de afloramentos calcários, pois representam barreiras que impedem o avanço da exploração de atividades como agricultura e pecuária (Figura 149). Essa característica foi observada em estudo realizado por Medeiros e Chávez (2021) em uma bacia hidrográfica inserida em ambiente cárstico. Nessa área, outro fator que contribuiu para a manutenção dos remanescentes florestais está associado à existência de unidades de conservação.

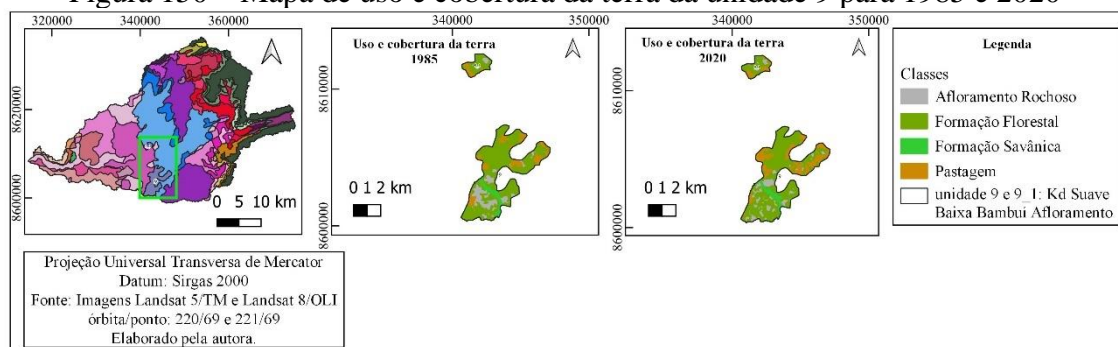
Figura 149 – Maciços de afloramento de rochas carbonáticas na BHRS



Fonte: Autora (2023).

A unidade geológica 9 possui repetição em duas unidades: 9 e 9_1 (Figura 150).

Figura 150 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9 para 1985 e 2020



A unidade geológica 9 possui maciços de afloramento rochoso, e sua matriz é representada pela Formação Florestal (63,66%). Houve avanço da classe pastagem, que

já ocupa 13,80% de área da unidade. Ocorreu ampliação do número de fragmentos da Formação Florestal e Savânica, seguida da redução da área ocupada (Apêndice D).

O trabalho de campo na unidade 9 permitiu verificar presença dos maciços de afloramento de rochas carbonáticas e as áreas de pastagem ao redor (Figura 151).

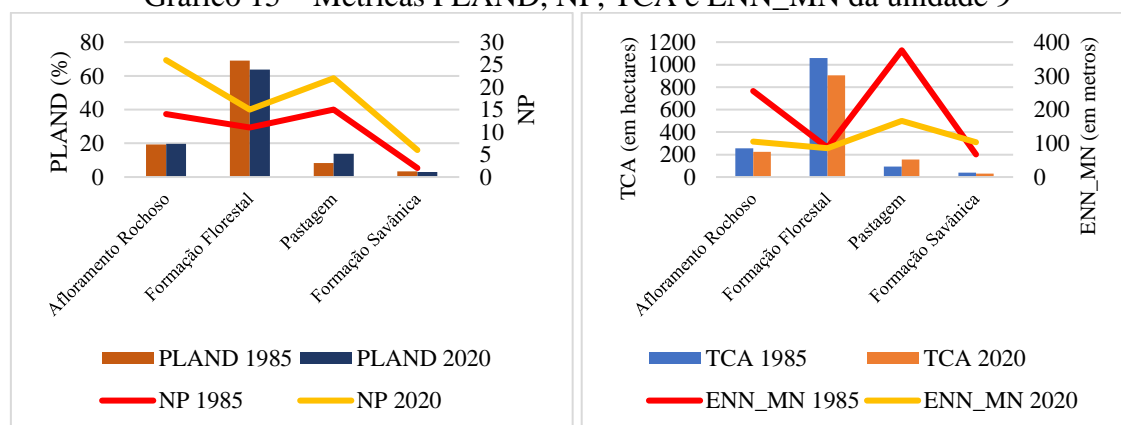
Figura 151 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9



Fonte: Autora (2021, 2022, 2023).

O índice de forma se apresenta acima do valor 2, demonstrando irregularidade do formato, bem como perda da área central, indicando diminuição da qualidade ambiental dos fragmentos. Além de ampliação da distância média entre os fragmentos da Formação Savânica, já para a Formação Florestal, a distância se manteve estável. Isso se deve à presença dessa fitofisionomia e sua associação com os maciços de afloramento rochoso (Gráfico 15).

Gráfico 15 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9

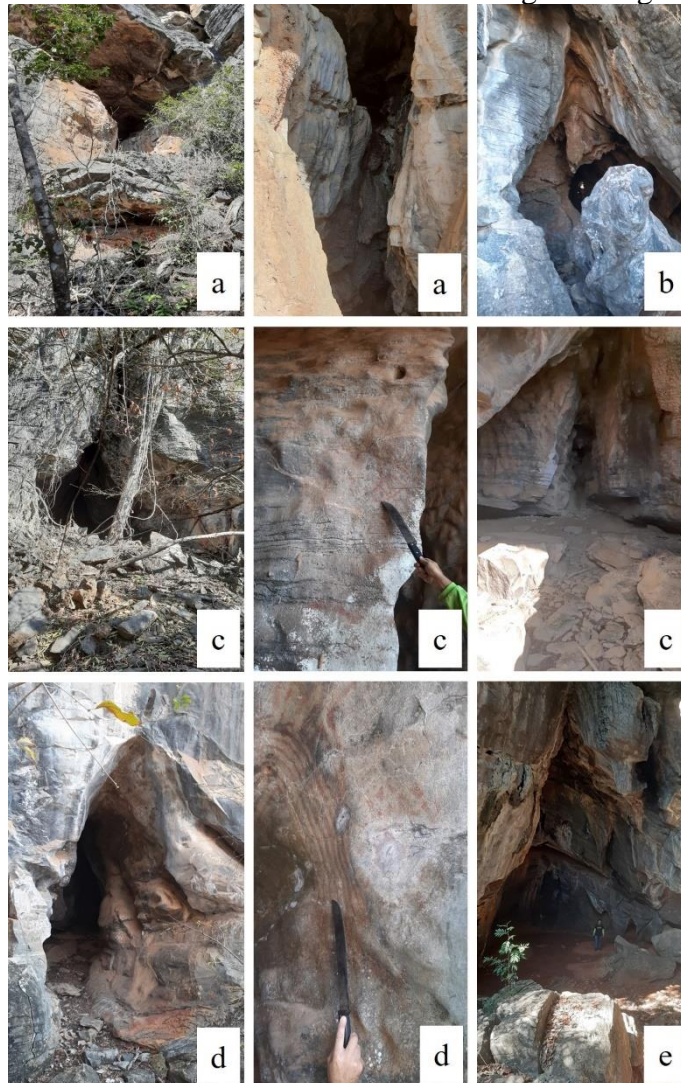


Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Na unidade 9, realizou-se a visita ao maciço de afloramento de rochas carbonáticas que abriga as cavidades naturais cadastradas pelo CECAV (2022),

denominadas Gruta Coruja Branca, Gruta Totem, Gruta do Culto, Gruta Tacho de Ouro e Buraco do Júnior. As duas últimas foram consideradas sítio arqueológico pelo IPHAN em função da existência de pinturas rupestres (Figura 152).

Figura 152 – Cavernas visitadas na unidade geocológica 9_1



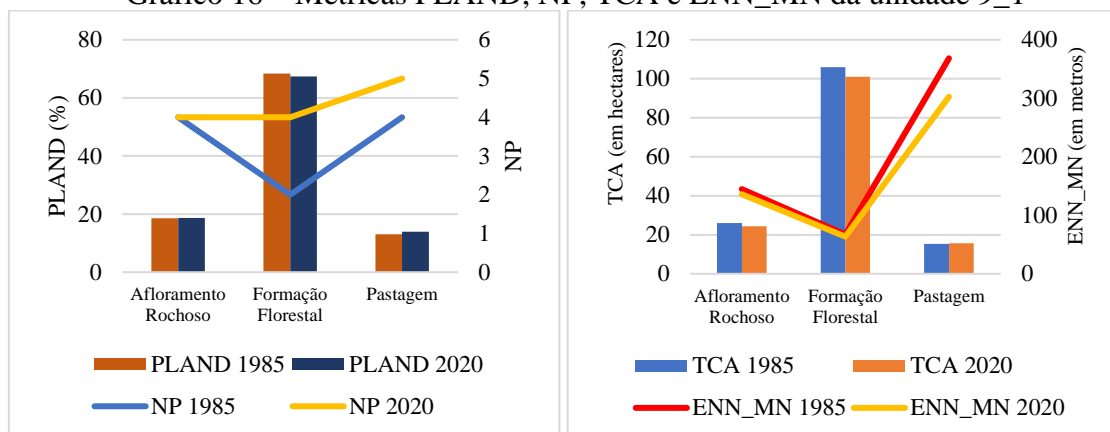
Fonte: Autora (2023). Legenda: (a) Gruta Coruja Branca; (b) Gruta Totem; (c) Gruta Tacho de Ouro; (d) Buraco do Júnior; (e) Gruta do Culto.

A unidade geocológica 9_1 possui a Formação Florestal (67,35%) como a matriz da paisagem. Ocorreu aumento do número de fragmentos da Formação Florestal e da pastagem. A pastagem apresentou expansão da área para o período analisado (Apêndice E).

O índice de forma da Formação Florestal indica formato irregular e houve diminuição da área interior, impactando a qualidade dos fragmentos remanescentes.

Ocorreu diminuição da distância média entre os fragmentos, indicando maior nível de proximidade entre eles (Gráfico 16).

Gráfico 16 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

O avanço das atividades antrópicas nas unidades geológicas 9 e 9_1 indica necessidade de conservação dos fragmentos remanescentes, tendo em vista diminuição da área média e máxima dos fragmentos, sua subdivisão, formato irregular e substituição pela atividade predominante. Assim, ocorre aumento da vulnerabilidade e diminuição da qualidade ambiental, como fluxo de nutrientes, número de indivíduos e de espécies e efeito de borda (Mantovani; Santos, 2007).

É importante salientar que essa unidade abriga 28 cavernas cadastradas pelo CECAV e tem dolina e maciços de afloramento de rochas carbonáticas. A diminuição da cobertura vegetal nativa implica perda de qualidade ambiental.

A preservação da cobertura vegetal em áreas cársticas tem uma função ecossistêmica essencial para evitar processos erosivos, manter o equilíbrio do sistema hidrológico, fundamental na ocorrência dos processos cársticos e na continuidade da fauna e flora no solo (Feng *et al.*, 2021).

Na unidade 9, localiza-se a Gruta do Criminoso, que aparece em 5º lugar entre as 15 cavernas investigadas no estudo realizado por Barros, Bernard e Ferreira (2021), indicada como área prioritária para conservação dos morcegos, tendo em vista os critérios considerados como espécie residente, riqueza e espécies em perigo.

As atividades antrópicas no entorno das cavernas podem causar impactos significativos ao equilíbrio ecológico do ambiente subterrâneo, devido a alterações na disponibilidade, constituição e abundância de recursos tróficos para a fauna existente

(Pellegrini *et al.*, 2016). Na unidade 9_1, observou-se presença de pastagens e vegetação na área ao redor dos maciços (Figura 153).

Figura 153 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9_1



Fonte: Autora (2023).

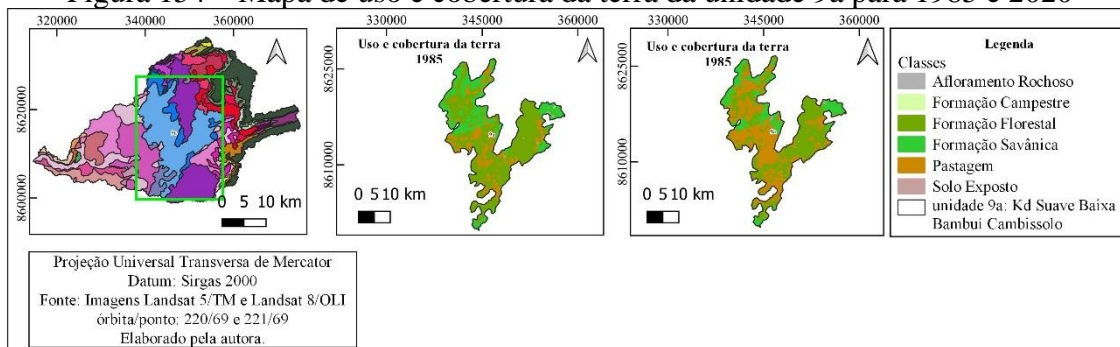
Além disso, deve-se conservar a vegetação nativa na área ao redor das cavernas para impedir ocorrência de processos erosivos, reduzir sedimentação das cavernas e impactos negativos na biota e serviços ecossistêmicos (Van Beynen; Brinkmann; Van Beynen, 2012).

É importante ressaltar que alterações na configuração e na composição da estrutura da paisagem apresentam influência direta ou indireta de diversos processos ecológicos, principalmente em ambientes cársticos, pois os sistemas de superfície e subsolo encontram-se interligados e desempenham papel fundamental na regulação e na provisão dos serviços ecossistêmicos e em seu funcionamento (Mammola *et al.*, 2019).

Alguns exemplos de processos ecológicos que podem sofrer prejuízos devido a modificações na paisagem consistem no fluxo e no armazenamento de água, processos erosivos, acúmulo de matéria orgânica, fluxo de nutrientes, taxa de fotossíntese nas áreas próximas da entrada das cavernas, fluxo de ar, entre outros (Lunghi; Manenti; Ficetola, 2017).

A unidade geocológica 9a se destaca por ser a maior unidade da BHRS (Figura 154), apresenta como matriz a Formação Florestal (56,06%). Para o período analisado, houve perda de área da cobertura vegetal nativa e consequente expansão da pastagem, que atualmente ocupa 30,47% da unidade (Apêndice F).

Figura 154 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9a para 1985 e 2020



Nessa unidade, encontram-se áreas com vegetação nativa, como também pastagens, áreas construídas próximas ao rio Azuis, uma pequena central hidrelétrica, a PCH - Taguatinga (Figura 155).

Figura 155 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9a



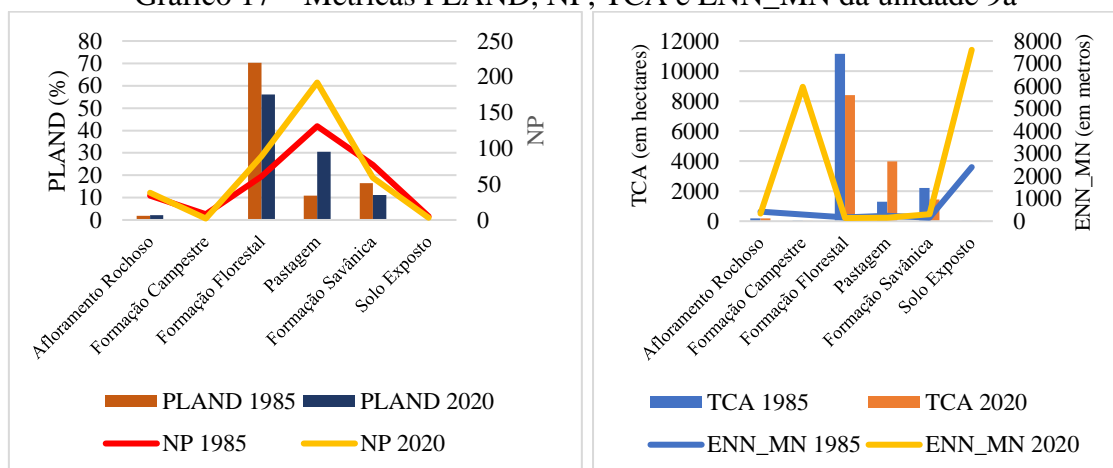
Fonte: Autora (2021, 2022, 2023).

Os valores apresentados pelas métricas demonstram que, para a Formação Campestre, ocorreu perda de área, diminuição do número de fragmentos, bem como redução da área central e aumento da distância média entre os fragmentos remanescentes, além da irregularidade do formato, o que sugere a substituição por pastagem (Gráfico 17).

Já para a Formação Florestal, houve diminuição da área ocupada, aumento do número de fragmentos, irregularidade do formato, diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos.

A Formação Savânica apresentou diminuição da área ocupada e do número de fragmentos, o que indica sua substituição por outro uso. O formato é irregular, houve diminuição da área interior e aumento da distância média entre os fragmentos.

Gráfico 17 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9a



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Os dados apresentam diminuição da área média e máxima dos fragmentos remanescentes, além do processo de fragmentação para o período analisado, visto que fragmentos com área superior a 100 hectares foram subdivididos, implicando qualidade dos remanescentes, movimentação das espécies, entre outros.

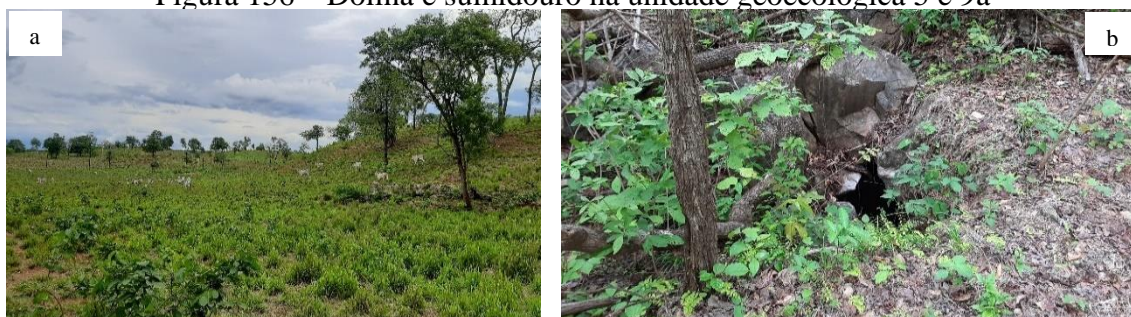
Por se tratar da maior unidade geocológica da BHRS e com presença de diversas feições cársticas (treze cavernas, seis sítios arqueológicos, uma surgência, dolinas e sumidouro), torna-se essencial preservação da vegetação remanescente e elaboração de diretrizes para a continuidade das atividades antrópicas de forma sustentável.

A conservação das áreas cobertas por vegetação nativa auxilia no processo de infiltração e retenção da água, que a disponibiliza de forma gradual para o aquífero (Coxon, 2011), tendo em vista que as águas subterrâneas são vulneráveis às atividades humanas, pois nenhum aquífero está completamente isolado do ambiente acima do solo (Móga *et al.*, 2017).

A área cárstica coberta por solo e vegetação é mais eficiente como sumidouros naturais de dióxido de carbono, utilizado no processo de carstificação, do que os afloramentos de rochas carbonáticas desprovidos de cobertura vegetal em seu entorno (Goldscheider, 2019).

Os trabalhos de campo permitiram identificar que as áreas com dolinas se encontram sob influência das pastagens. Em sua maioria, a vegetação nativa foi substituída por essa atividade (Figura 156), assim como observado por Melo e Pivari (2022) na região cárstica de Pains, Minas Gerais. Essa observação ressalta a necessidade de conservação dessas áreas, pois as dolinas exercem importante função no carste, visto que convergem as águas superficiais para o meio subterrâneo, constituindo-se, assim, em pontos de elevada vulnerabilidade dos aquíferos (Souza; França; Auler, 2018).

Figura 156 – Dolina e sumidouro na unidade geocológica 5 e 9a



Fonte: Autora (2022). Legenda: a- Dolina; b- Sumidouro.

Em relação aos aspectos biológicos, deve-se considerar que as espécies da fauna e da flora do ambiente cavernícola apresenta um elevado índice de endemismo, tendo em vista o baixo nível de tolerância a fatores associados às modificações de *habitat*, poluição, alterações microclimáticas, entre outras. Além disso, as populações apresentam número pequeno e baixa capacidade de recuperação (Trajano; Bichuette, 2006).

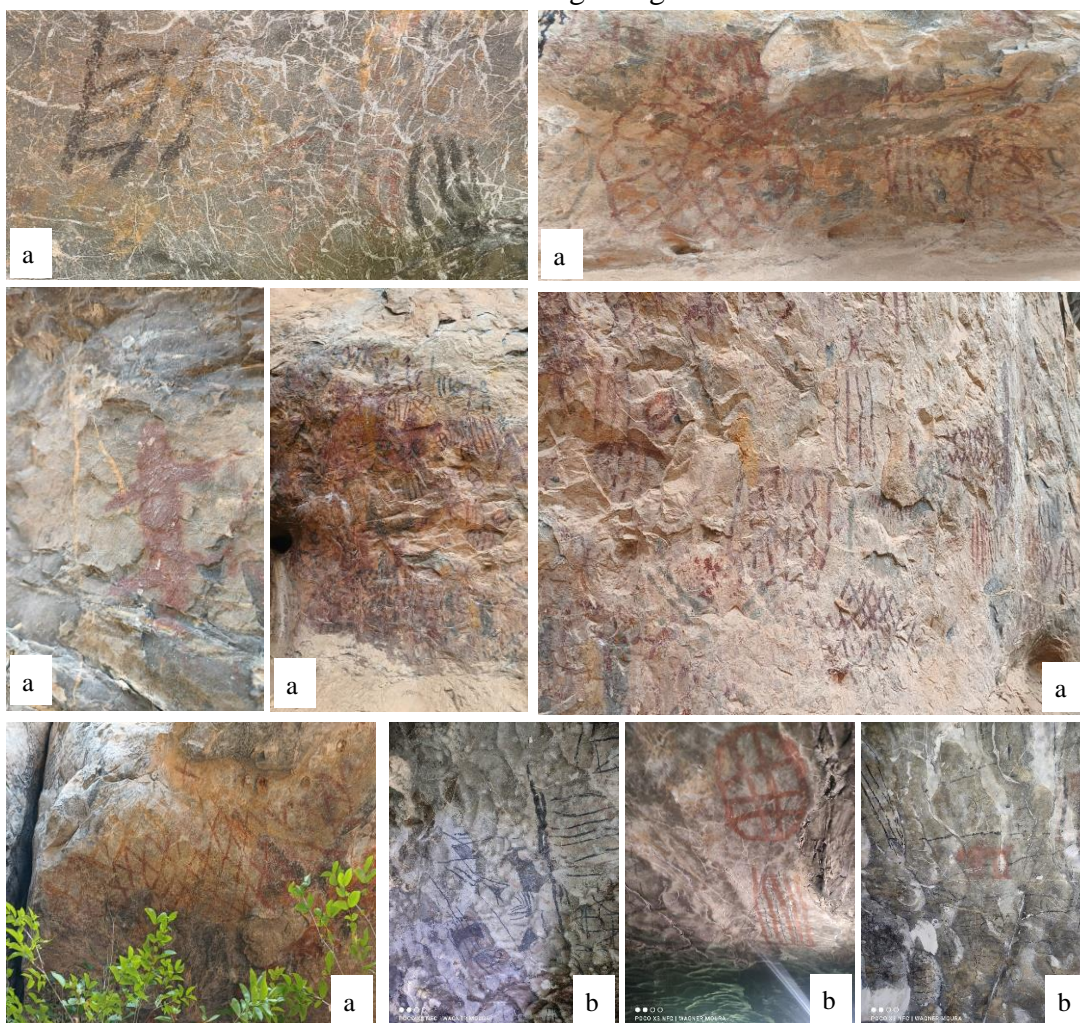
O turismo vem crescendo nessas áreas de beleza singular, águas translúcidas e devido à diversidade de paisagens e formas típicas, que servem para atrair turistas. Nesse sentido, torna-se necessária a conscientização dos proprietários dos pontos turísticos para descarte adequado dos resíduos, a fim de evitar a contaminação dos recursos hídricos, bem como melhores práticas na adequação destes, limitando o número de visitantes e reduzindo a construção de infraestrutura nesses locais, para minimizar impactos sobre o carste e seus recursos (Van Beynen; Brinkmann; Van Beynen, 2012).

Nesses locais, as cavernas apresentam valores histórico-culturais, pois podem abrigar diversos objetos que retratam os indivíduos e seus costumes há milhares de anos, e algumas possuem depósitos fossilíferos, a partir dos quais são desenvolvidos estudos a respeito da fauna, da flora e do clima dos tempos remotos (Suguio, 2010).

Além disso, nesses abrigos, podem ser encontradas evidências das ocupações humanas no passado por meio das inscrições rupestres nas paredes dos afloramentos de

rochas carbonáticas. Inclusive, nessa unidade, três cavernas foram consideradas sítios arqueológicos, Abrigo dos Tapuios, Gruta dos Tapuios II e Gruta dos Caldeirões. Realizou-se uma visita ao Abrigo dos Tapuios e Gruta dos Caldeirões onde foi possível visualizar diversas pinturas rupestres (Figura 157).

Figura 157 – Pinturas rupestres no Abrigo dos Tapuios e Gruta dos Caldeirões localizados em Taguatinga - TO



Fonte: Autora (2023); Moura (2023). Legenda: (a) Abrigo dos Tapuios; (b) Gruta dos Caldeirões.

A vegetação na área em torno das cavernas exerce papel de proteção das pinturas rupestres presentes nas paredes dos maciços, e a sua retirada implica aumento da exposição à insolação e umidade e, assim, inicia-se o processo de degradação (Piló, 1999).

As áreas que possuem cavernas propiciam a prática de atividades ao ar livre, atividade turística, religiosa, de propósitos científicos, entre outros (Canedolli *et al.*, 2022). O desenvolvimento do turismo vem acompanhado de modificações e construções

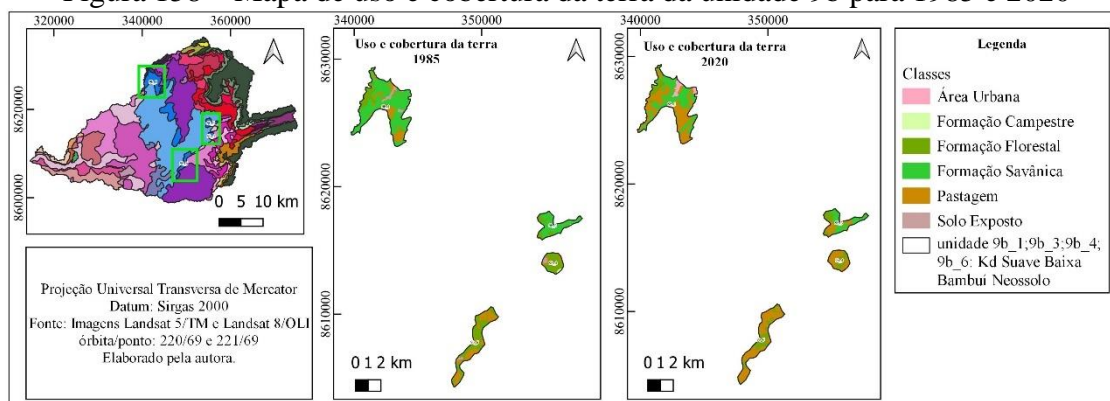
na paisagem, necessitando de planos de manejo para evitar alterações das condições ambientais nesses locais e interferência em seu estado de equilíbrio.

Dessa forma, devem-se promover estudos sobre a viabilidade da prática do turismo nas cavernas com base em preceitos de mínimo impacto de visitação e no que se refere às condições de acessibilidade e segurança do visitante. É preciso incluir ainda elaboração de normas e treinamento de guias com metodologias adequadas e seguras, de modo a alcançar resultados positivos para conservação desse ambiente e conhecimento relativo ao seu funcionamento (Cigna, 2011; Lobo *et al.*, 2007; Tibiriçá, 2013).

O processo de fragmentação dos remanescentes da vegetação nativa tem ocorrido, como demonstram os resultados apresentados pelas métricas nas unidades geológicas 9 e 9a. Tais alterações afetam diretamente as espécies cuja riqueza e abundância dependem das características estruturais dos fragmentos. Comprometem-se, assim, a dinâmica e a diversidade das comunidades animais e vegetais, bem como o equilíbrio do ecossistema, reduzindo sua capacidade de oferecer serviços ecológicos essenciais à qualidade de vida humana (Metzger *et al.*, 2019).

Além disso, os dados apontam para estratégias que alcancem a conservação dos remanescentes a fim de contribuir para a preservação das feições geomorfológicas, dos sistemas cársticos e de sua fauna e flora associadas. As feições cársticas estão situadas nas unidades 9b_1, 9b_3, 9b_4 e 9b_6 (Figura 158).

Figura 158 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 9b para 1985 e 2020



A matriz da unidade geológica 9b_1 é a classe pastagem (59,74%), indicando a substituição da vegetação nativa por uso antrópico como pastagem e área urbana (Apêndice G). No trabalho de campo, visualizaram-se, nos pontos visitados, áreas de pastagem, área urbana e dolina (Figura 159).

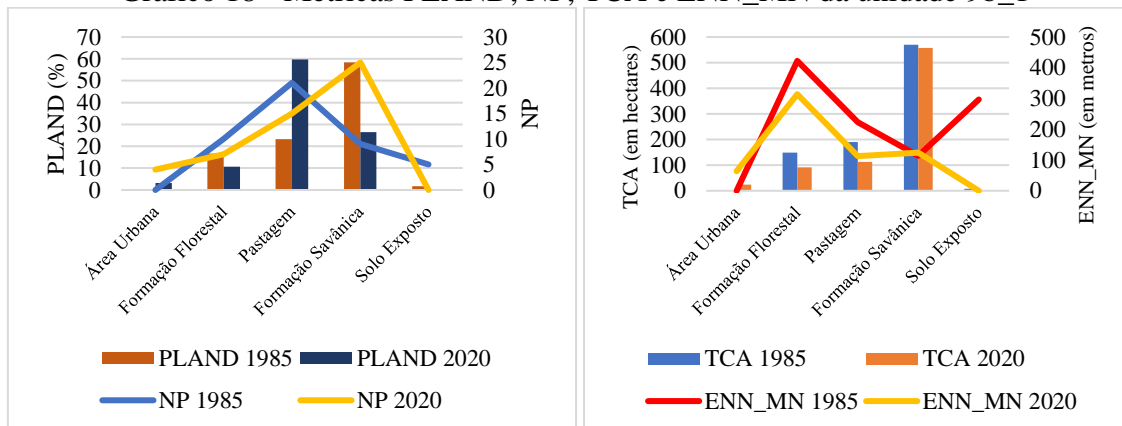
Figura 159 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_1



Fonte: Autora (2022, 2023).

Ocorreu redução do número de fragmentos da Formação Florestal e da área ocupada. Já para a Formação Savânica houve aumento do número de fragmentos e diminuição da área ocupada. O índice de forma foi ampliado no período de análise, apontando para irregularidade do formato, associado à redução da área interior. Em relação a distância média entre os fragmentos, houve redução para os fragmentos da Formação Florestal e aumento da distância para a Formação Savânica (Gráfico 18).

Gráfico 18 - Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geocológica 9b_3 é Formação Savânica (35,76%). Nota-se que, no período analisado, houve redução da área de cobertura vegetal nativa e introdução de áreas de pastagem (Apêndice H). Na figura 160, observa-se presença de pastagem nessa unidade.

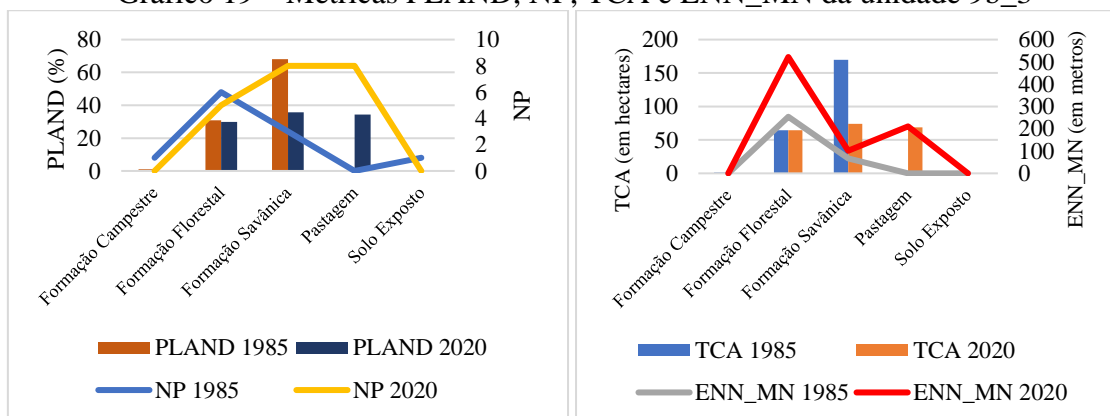
Figura 160 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_3



Fonte: Autora (2023).

Ocorreu redução do número de fragmentos da Formação Florestal devido à substituição por outro uso e ampliação do número de fragmentos da Formação Savânica. O índice de forma aponta para irregularidade do formato. A área interior da Formação Florestal se manteve estável, enquanto para a Formação Savânica houve redução. No que se refere ao índice da distância média entre os fragmentos da Formação Florestal e Savânica, houve crescimento do valor (Gráfico 19).

Gráfico 19 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_3



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geocológica 9b_4 é a Formação Florestal (51,90%). Os valores apresentados pelos índices demonstram que houve substituição dos fragmentos da Formação Campestre e Savânica por áreas de pastagem (Apêndice I). Tal fato pode ser comprovado a partir das informações observadas em campo, em que foram visitados dois pontos na abrangência dessa unidade (Figura 161).

Figura 161 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_4

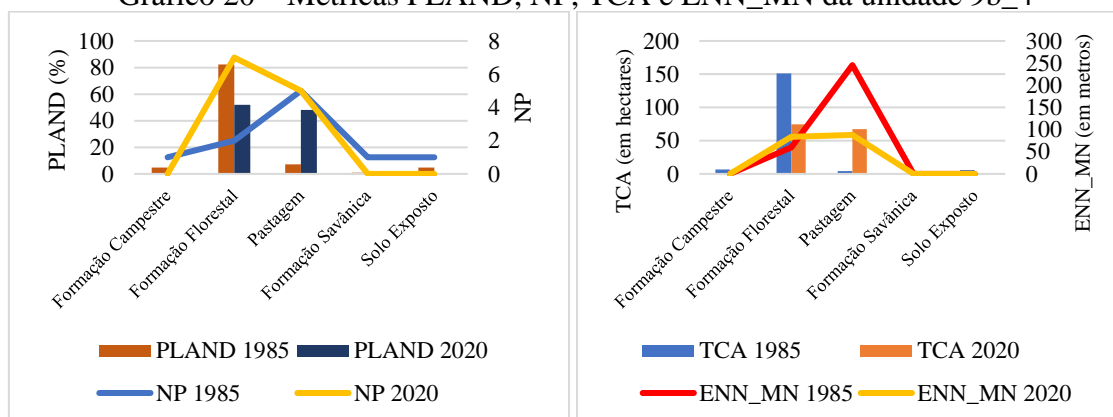


Fonte: Autora (2023).

Ocorreu ampliação do número de fragmentos e diminuição da área ocupada. O formato do fragmento apresenta-se irregular, associado à diminuição da área interior e à ampliação da distância média entre os fragmentos remanescentes, aumentando o nível de isolamento destes (Gráfico 20).

A modificação do tamanho e da forma dos fragmentos resulta em alterações nos ecossistemas como maior exposição à influência do efeito de borda, no fluxo de nutrientes, no número de indivíduos e de espécies (Stevanato; Colavite; Parolin, 2023).

Gráfico 20 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_4



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Na unidade geocológica 9b_6, a matriz é a classe pastagem (55,13%). Houve substituição de fragmentos da Formação Savânica por área de pastagem (Apêndice J), e foi verificado em campo nos pontos visitados (Figura 162).

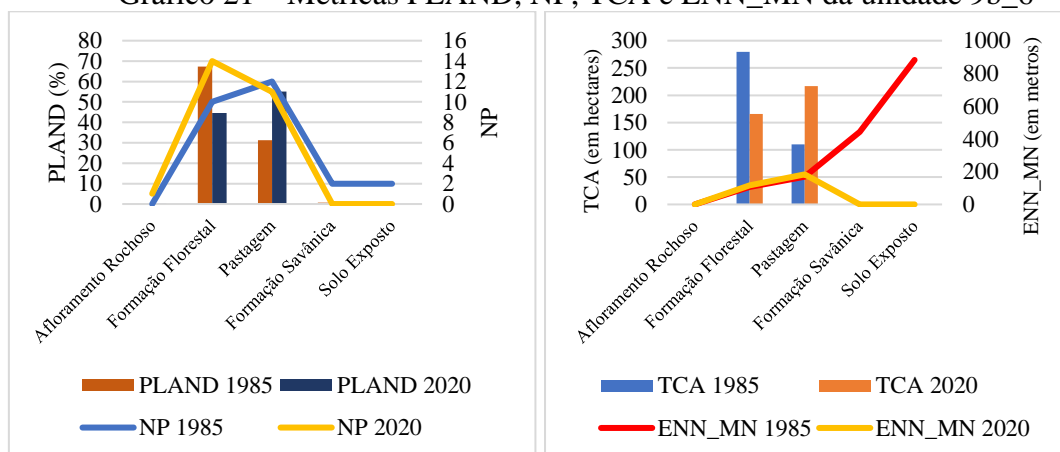
Figura 162 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 9b_6



Fonte: Autora (2022).

Para a formação florestal, ocorreu ampliação do número de fragmentos, o índice de forma se manteve estável. Houve redução da área interior e ampliação da distância média entre os fragmentos remanescentes (Gráfico 21).

Gráfico 21 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 9b_6



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

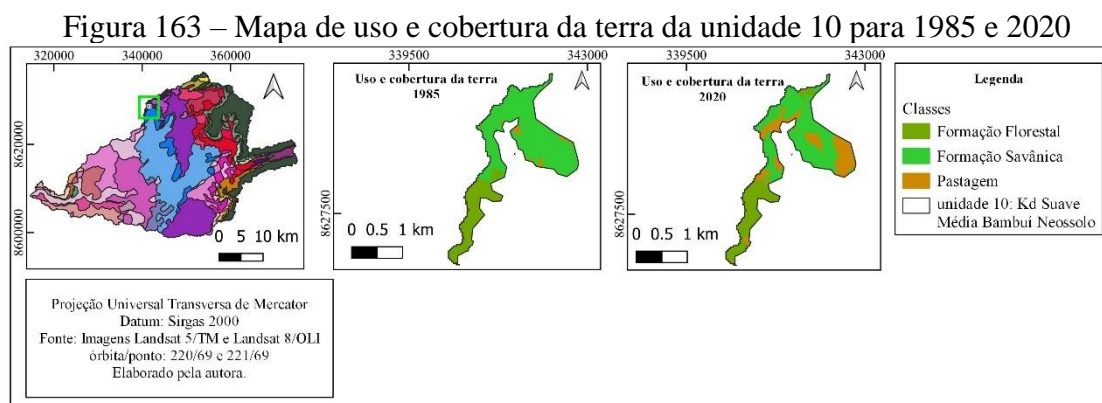
As unidades geocológicas 9b abrigam cavernas, dolinas e maciços de afloramento de rochas carbonáticas. Em todas, identificou-se a classe pastagem, inclusive é a matriz da paisagem nas unidades 9b_1 e 9b_6. Nesta última, os dois fragmentos da Formação Savânica foram totalmente substituídos. E essas duas unidades possuem níveis abaixo de 50% da cobertura vegetal, o que chama atenção para a necessidade de ações que visem à conservação dos remanescentes e diretrizes para as atividades antrópicas atuais.

Na unidade 9b_3, apesar da Formação Savânica representar a matriz, a área ocupada por pastagem avançou no período analisado, e, na unidade 9b_4, houve substituição dos fragmentos da Formação Campestre e Savânica por pastagem. Entretanto, apresentam níveis de cobertura vegetal nativa superiores a 50%.

O processo de fragmentação tem ocorrido nessas quatro unidades, que, apesar de possuírem características físicas semelhantes, com alto nível de fragilidade ambiental pela combinação entre litologia e tipo de solo, a cobertura vegetal é essencial para minimizar os impactos negativos da ocupação antrópica, de modo a evitar desequilíbrios ecológicos, ocorrência de processos erosivos e manutenção dos recursos hídricos.

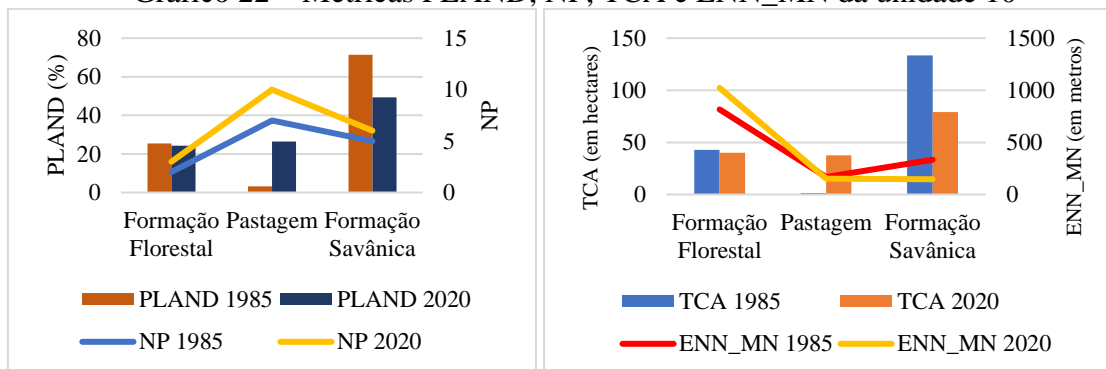
As unidades geológicas 10 e 11 apresentam o tipo de solo com alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Entretanto, os níveis de cobertura vegetal encontram-se acima de 50% de sua ocupação, mesmo com avanço da área de pastagem na comparação do uso da terra entre 1985 e 2020.

A unidade geológica 10 possui como matriz a Formação Savânica (49,34%) (Figura 163). Porém, o avanço da pastagem no período analisado implicou fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa (Apêndice K).



Para o ano de 2020, o formato dos fragmentos apresenta irregularidade, houve diminuição da área interior e aumento da distância entre os fragmentos da Formação Florestal e diminuição da distância para a Formação Savânica (Gráfico 22).

Gráfico 22 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 10



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Nota-se, nos resultados apresentados pelas métricas, diminuição da qualidade dos fragmentos remanescentes na unidade geológica 10, entretanto, preserva-se 73,56% da vegetação nativa. E o avanço das transformações antrópicas apresenta consequências diretas como alto nível de isolamento dos remanescentes de vegetação (Forman; Godron, 1986).

Nesse sentido, é fundamental a conservação dos fragmentos remanescentes e a ampliação de suas conectividades, para assim manter as funções ecológicas e possibilitar o fluxo de espécies (Thiago; Magalhães; Santos, 2020). Um ponto visitado está localizado na unidade 10, onde se verificou área de pastagem (Figura 164).

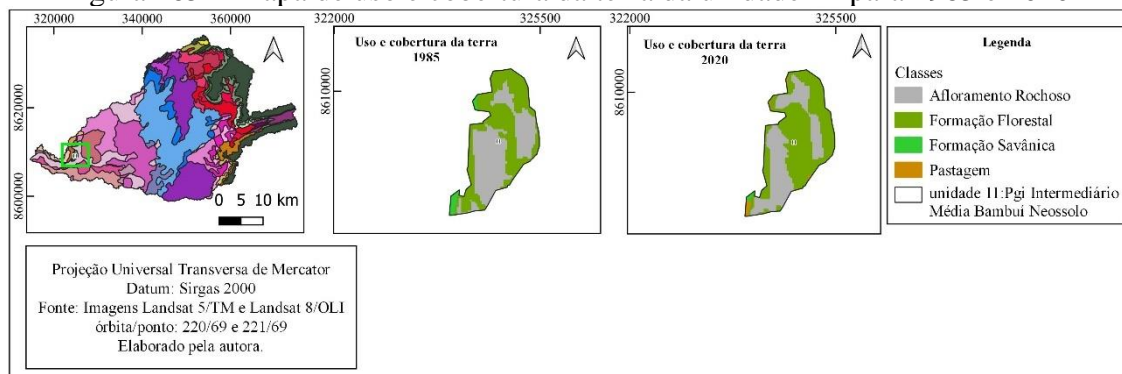
Figura 164 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 10



Fonte: Autora (2021).

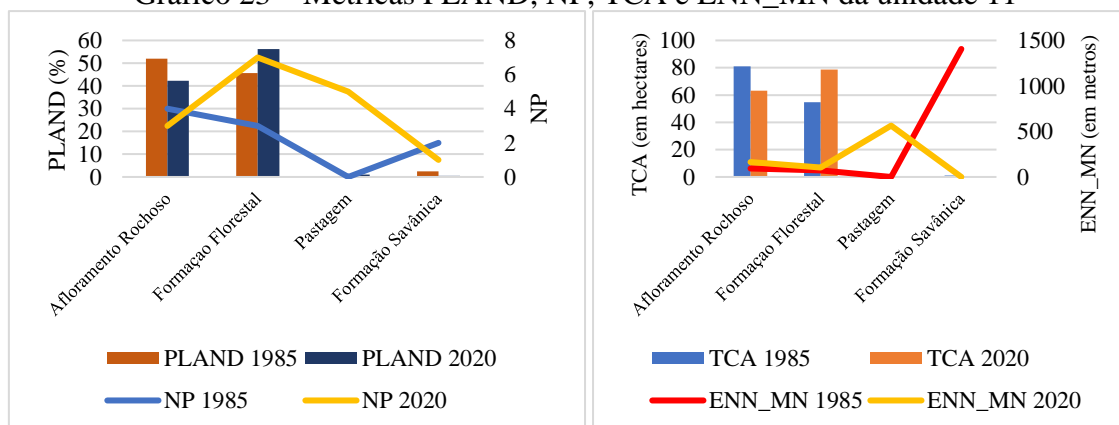
A unidade geológica 11 apresenta como matriz a Formação Florestal (56,17%) e tem pequena área com a classe pastagem (1,09%) (Figura 165).

Figura 165 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 11 para 1985 e 2020



Houve diminuição dos fragmentos de Formação Savânica e aumento dos fragmentos da Formação Florestal (Apêndice L). O índice de forma das formações se manteve estável, além da diminuição da área interior e aumento da distância média entre os fragmentos da Formação Florestal (Gráfico 23).

Gráfico 23 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 11



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Na unidade geológica 11, ocorreu introdução de pequena área de pastagem, porém com preservação da cobertura vegetal superior a 50% de sua ocupação. Por abrigar maciço de afloramento de rochas carbonáticas, torna-se necessária a conservação dos fragmentos remanescentes a fim de manter processos ecológicos, recursos hídricos, biodiversidade, entre outros. No trabalho de campo, visualizou-se o maciço que está localizado às margens do rio Sobrado (Figura 166).

Figura 166 – Maciço de afloramento de rochas carbonáticas na unidade geológica 11

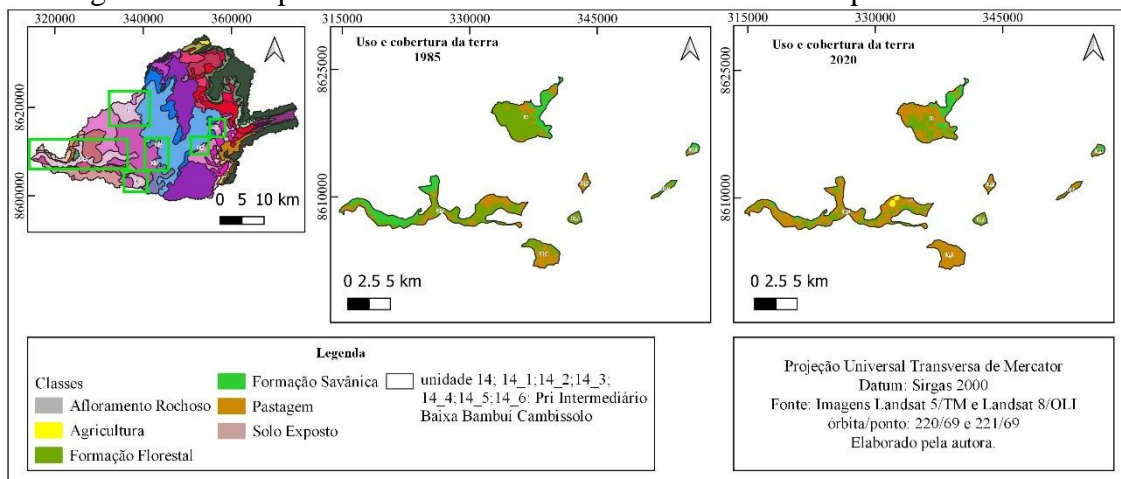


Fonte: Autora (2022).

As unidades 14, 14b e 14c possuem características físicas (geomorfológicas e geológicas) semelhantes, com tipos de solos diferentes e com alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos, que podem ser potencializados pela declividade e pela conversão de sua ocupação para atividades humanas.

A unidade geológica 14 possui repetição em sete áreas distintas, e todas com presença de feições cársticas (Figura 167).

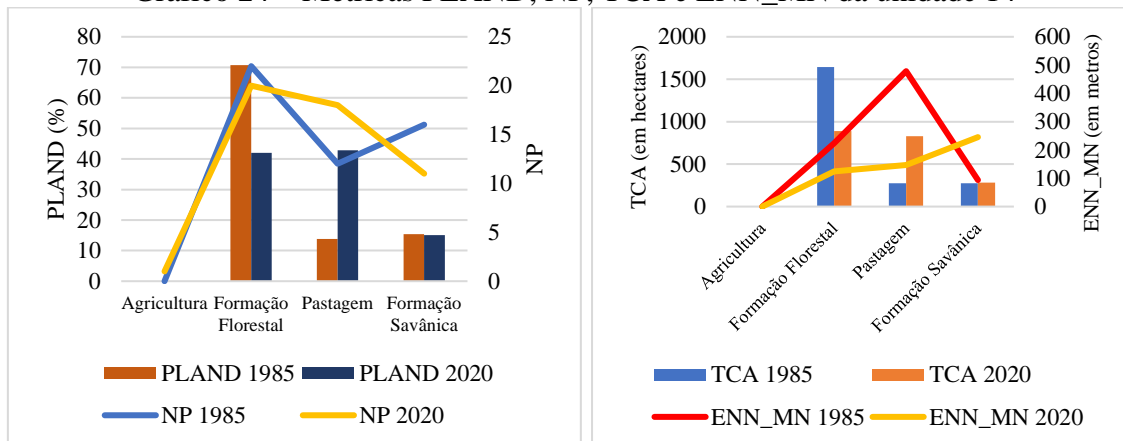
Figura 167 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14 para 1985 e 2020



A matriz da unidade geológica 14 é a classe pastagem (42,89%). Ocorreu diminuição tanto do número de fragmentos para a Formação Florestal e Savânica, quanto da área ocupada (Apêndice M). Em relação ao índice de forma, as duas formações apresentam formato irregular. Para a Formação Florestal, houve diminuição da área interior, e, para a Formação Savânica, houve ampliação desse valor. Em relação a

distância média, ocorreu diminuição do valor para a Formação Florestal e aumento para a Formação Savânica (Gráfico 24).

Gráfico 24 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

No trabalho de campo, verificou-se presença da classe pastagem na abrangência da unidade 14, inclusive em áreas de dolinas, como também da cobertura vegetal nativa (Figura 168).

Figura 168 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14



Fonte: Autora (2021, 2022, 2023).

A unidade geocológica 14_1 apresenta como matriz a classe pastagem (58,42%). Realizou-se visita a três pontos e identificou-se vegetação nativa e pastagem (Figura 169).

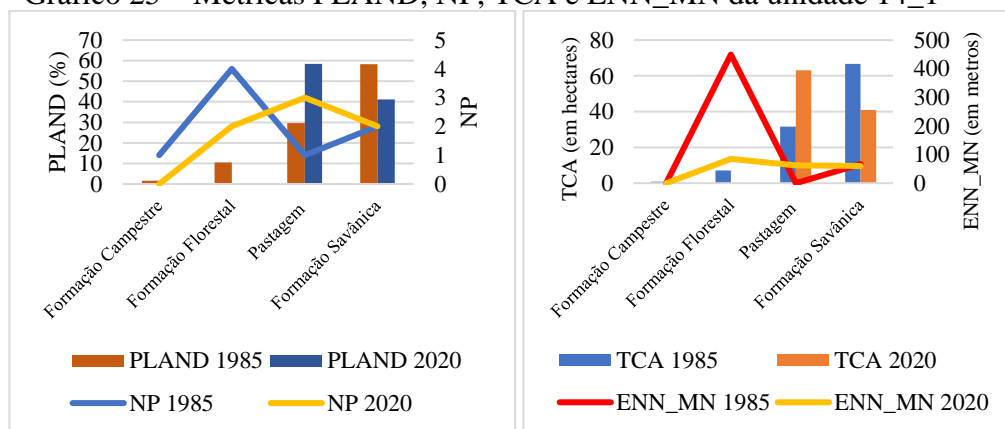
Figura 169 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_1



Fonte: Autora (2023).

Houve redução da área ocupada pela vegetação nativa (Apêndice N). A Formação Florestal apresentou redução do número de fragmentos, e o índice de forma indica formato regular, e ocorreu diminuição da área interior e da distância média. A Formação Savânica se manteve estável quanto ao número de fragmentos, o formato apresentou irregularidade, diminuição da área interior e da distância entre os fragmentos (Gráfico 25).

Gráfico 25 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo)

Na unidade geocológica 14_2, a matriz é a Formação Florestal (50,03%) (Apêndice O). Verificou-se, nessa unidade, presença de vegetação nativa e pastagem. Inclusive na última fotografia, identificou-se a árvore Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), espécie típica de florestas semidecíduas (Figura 170).

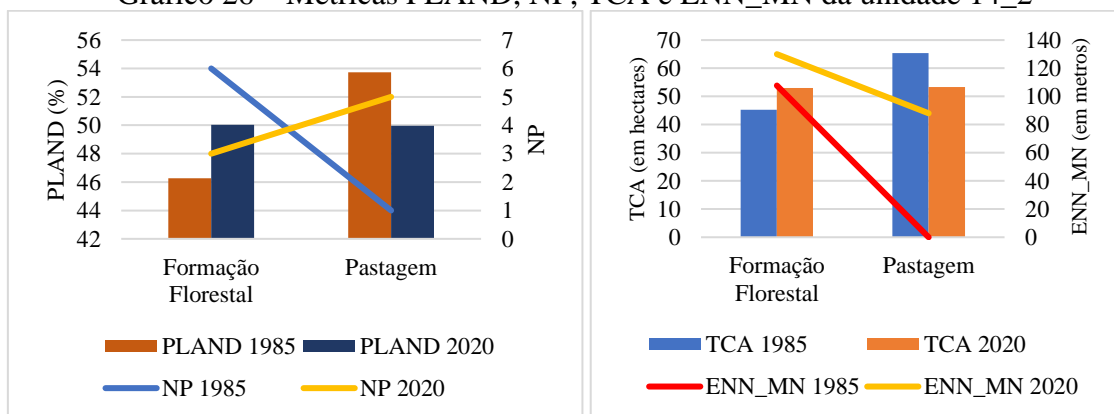
Figura 170 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_2



Fonte: Autora (2023).

Houve redução do número de fragmentos da Formação Florestal, o formato é irregular, ocorreu ampliação da área interior e aumento da distância média entre os fragmentos remanescentes (Gráfico 26).

Gráfico 26 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_2



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A unidade geocológica 14_3 apresenta como matriz a Formação Florestal (52,46%). No ponto visitado próximo à unidade, identificaram-se a Mata Ciliar, uma pequena área de cultivo de cana-de-açúcar e pastagem (Figura 171).

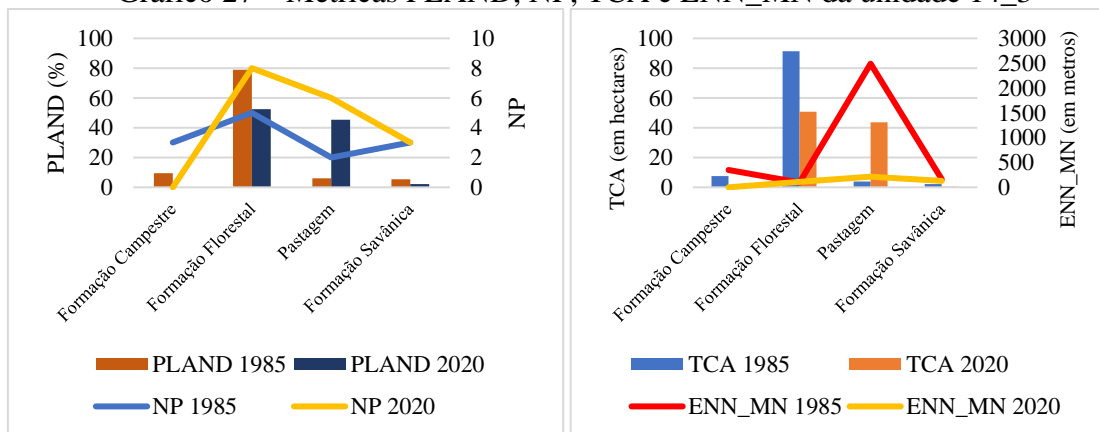
Figura 171 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_3



Fonte: Autora (2022).

Ocorreu expansão da área de pastagem e consequente aumento do número de fragmentos da Formação Florestal (Apêndice P). Já para a Formação Savânica, o número de fragmentos se manteve estável. Houve diminuição do índice de forma tanto para a Formação Florestal quanto para a Formação Savânica e diminuição da área interior. Já em relação a distância média entre os fragmentos, ocorreu aumento para os fragmentos da Formação Florestal e diminuição para a Formação Savânica (Gráfico 27).

Gráfico 27 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_3



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A unidade geocológica 14_4 possui como matriz a Formação Florestal (93,08%). Na visita de campo, notou-se que a estrada vicinal corta o fragmento de Formação Florestal e, em sua proximidade, identificou-se área de pastagem (Figura 172).

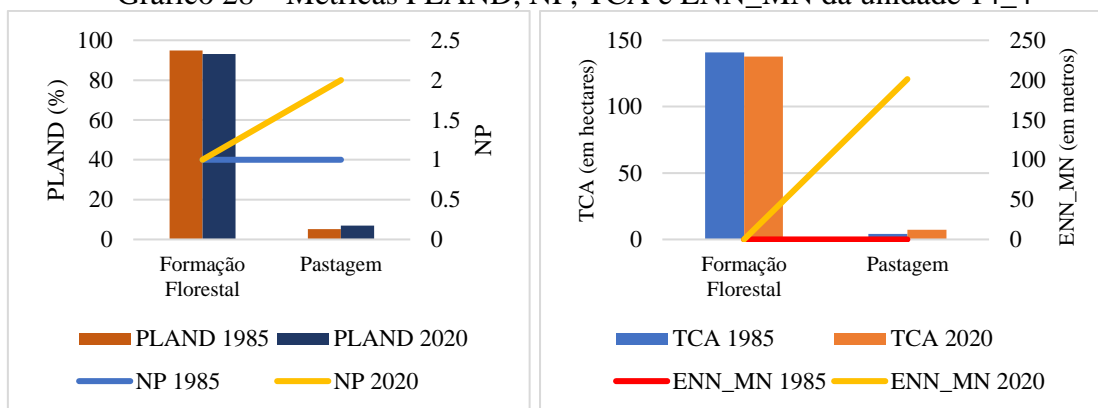
Figura 172 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 14_4



Fonte: Autora (2023).

Ocorreu aumento da classe pastagem (Apêndice Q). A Formação Florestal se manteve estável quanto ao número de fragmentos, apenas 1. O índice de forma se manteve estável, e houve diminuição da área interior (Gráfico 28).

Gráfico 28 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_4



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geológica 14_5 é a classe pastagem (50,14%). Nota-se que nessa unidade houve expansão da pastagem e da agricultura, além da identificação do solo exposto (Apêndice R). Foi possível verificar, no trabalho de campo, os usos referentes a agricultura, pastagem, além de vegetação nativa e afloramento de rochas carbonáticas (Figura 173).

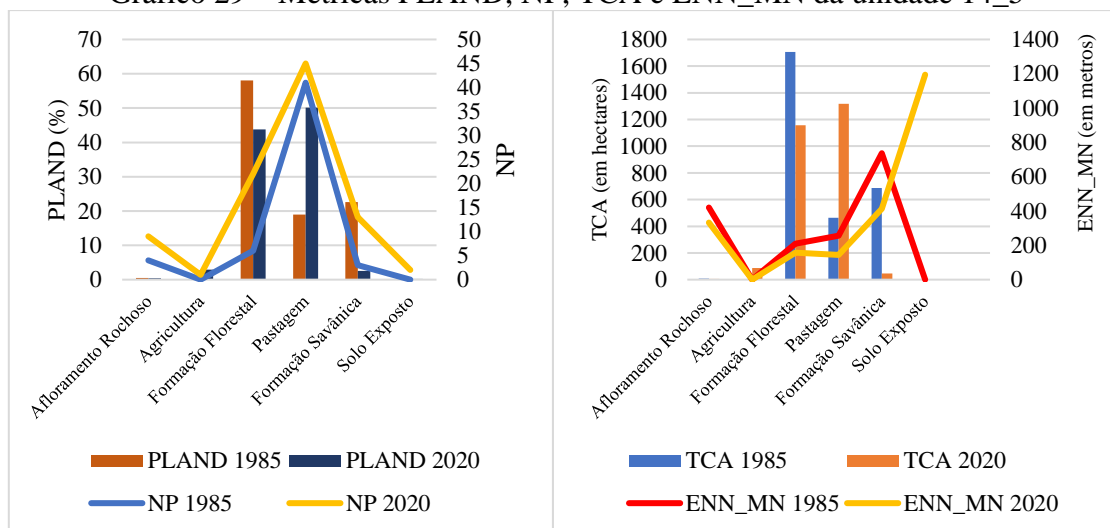
Figura 173 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 14_5



Fonte: Autora (2021, 2022).

Os resultados obtidos da unidade geocológica 14_5 demonstram que, para a Formação Florestal, ocorreu aumento do número de fragmentos, redução da área interior, diminuição da distância média entre os fragmentos e manutenção do formato irregular. Já para a Formação Savânica, ocorreu aumento do número de fragmentos, redução da área interior, da distância média entre os fragmentos e do índice de forma (Gráfico 29).

Gráfico 29 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_5



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A unidade geocológica 14_6 apresenta a pastagem como matriz (81,71%), evidenciada nos trabalhos de campo (Figura 174).

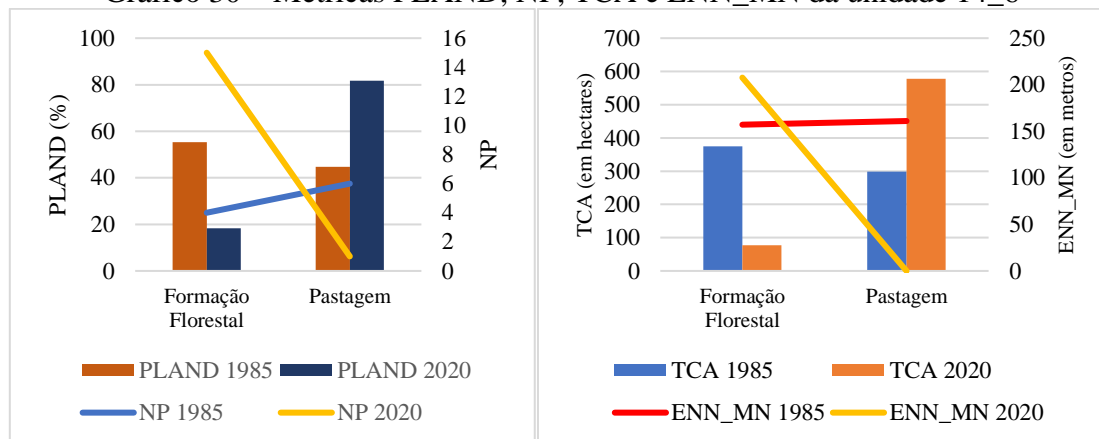
Figura 174 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14_6



Fonte: Autora (2022).

Houve fragmentação da Formação Florestal (Apêndice S), o índice de forma aponta para formato irregular, com diminuição da área interior e aumento da distância média entre os fragmentos (Gráfico 30).

Gráfico 30 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14_6



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

As unidades geológicas 14, 14_1, 14_2, 14_3, 14_4, 14_5 e 14_6 apresentam, nos resultados indicados pelas métricas, o processo de fragmentação, acompanhado da diminuição da quantidade e da qualidade dos remanescentes, bem como substituição por agricultura ou pastagem. Dessa forma, as condições dos fragmentos remanescentes da vegetação nativa influenciam diretamente na sobrevivência e na dinâmica da fauna e da flora da região, bem como no aumento da vulnerabilidade ecológica (Leite; Rocha, 2020).

Por compreender diversas feições cársticas, como duas dolinas na unidade 14 e os maciços de afloramento rochoso nas unidades 14_1, 14_2, 14_3 e 14_4, a manutenção da vegetação é de suma importância para ocorrência dos processos cársticos, e representa um importante indicador para analisar o impacto das mudanças de origem natural ou das atividades humanas nos ecossistemas (Gong *et al.*, 2022).

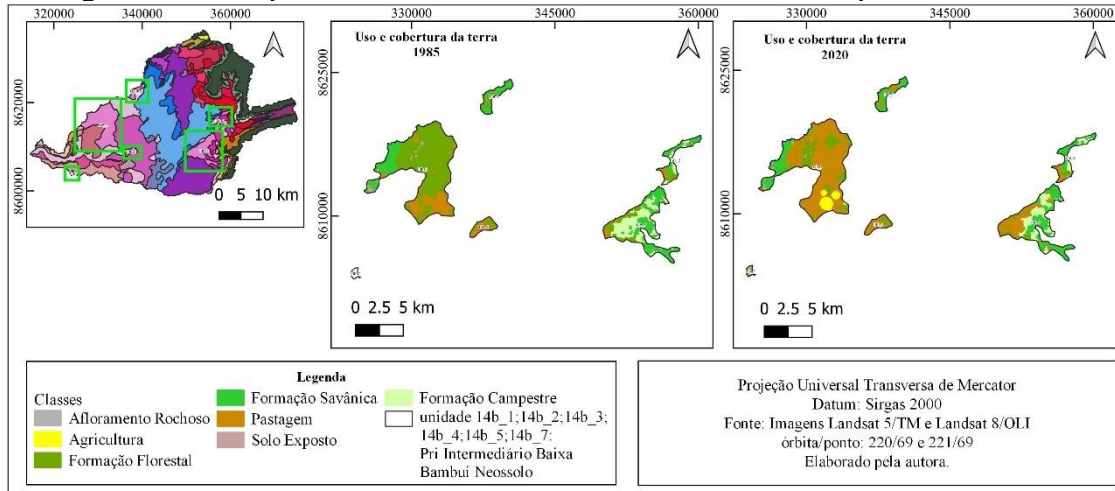
Na unidade 14_5, o maciço de afloramento de rochas carbonáticas abriga duas cavernas importantes cadastradas pelo CECAV no município de Aurora do Tocantins, a Gruta do Urso e a Gruta dos Moura. A Gruta do Urso foi um dos locais de expedições para estudo de fósseis de grandes mamíferos ali encontrados e que habitaram esse local no passado, auxiliando em estudos paleoclimáticos.

A Gruta dos Moura aparece em primeiro lugar entre as quinze cavernas estudadas por Barros, Bernard e Ferreira (2021) e foi indicada área prioritária para conservação de várias espécies de morcegos, tendo em vista o atendimento dos seguintes critérios: espécies residentes, diversidade, riqueza e espécies em perigo.

Reduzir a taxa de cobertura vegetal na área em torno das cavernas implica desequilíbrios das relações ecológicas existentes nesses ambientes, bem como da manutenção desse ecossistema (Culver; Pipan, 2009; Ferreira, 2013).

Na unidade geocológica 14b, as feições cársticas foram identificadas nas unidades 14b_1, 14b_2, 14b_3, 14b_4, 14b_5 e 14b_7 (Figura 175).

Figura 175 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14b para 1985 e 2020



Na unidade 14b_1, a pastagem representa a matriz (53,65%), evidenciada no trabalho de campo, além da presença de vegetação nativa (Figura 176).

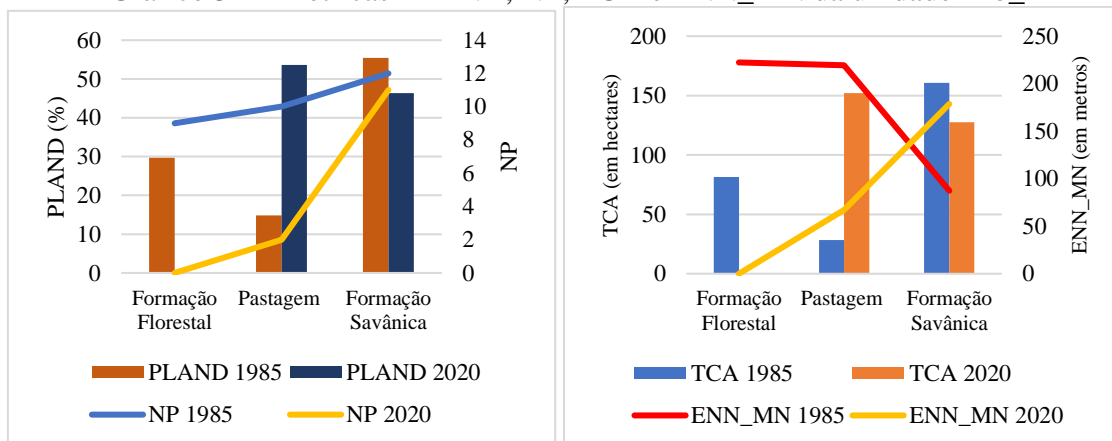
Figura 176 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_1



Fonte: Autora (2021, 2022).

A expansão da pastagem implicou substituição de todos os fragmentos da Formação Florestal no período analisado (Apêndice T). Houve redução no número de fragmentos, o índice de forma aponta formato irregular, diminuição da área interior e aumento na distância média entre os fragmentos remanescentes da Formação Savânica (Gráfico 31).

Gráfico 31 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

Na unidade 14b_2, a matriz é a Formação Savânica (33,89%). Nas informações obtidas em campo, visualizou-se presença de vegetação nativa e área do ribeirão Sobradinho (Figura 177).

Figura 177 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_2

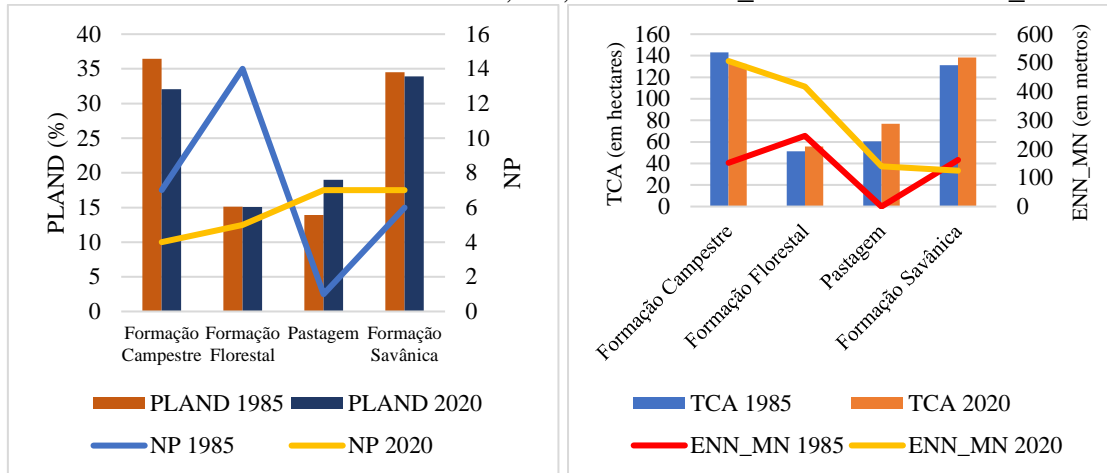


Fonte: Autora (2021).

Na formação campestre, ocorreu diminuição do número de fragmentos, o índice de forma apresenta formato irregular, houve diminuição da área interior e aumento da distância entre os fragmentos (Apêndice U).

Na Formação Florestal, ocorreu diminuição do número de fragmentos, apresenta o formato mais regular, houve aumento da área interior e da distância média entre os fragmentos. Já na Formação Savânica, houve ampliação do número de fragmentos, o formato mais regular, aumento da área interior e diminuição da distância entre os fragmentos remanescentes (Gráfico 32).

Gráfico 32 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_2



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geocológica 14b_3 é a pastagem (57,03%). No ponto visitado, foi possível visualizar pastagem e área com presença de agricultura irrigada (Figura 178).

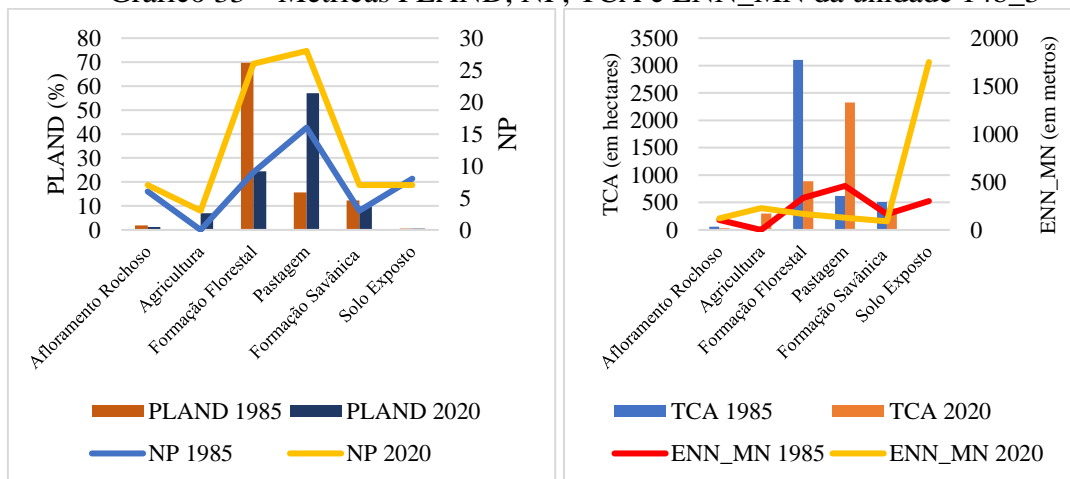
Figura 178 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 14b_3



Fonte: Autora (2021).

Ocorreu ampliação do número de fragmentos, o formato é irregular, houve diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos remanescentes da formação florestal (Apêndice V). Para a Formação Savânica, ocorreu aumento do número de fragmentos, o formato é mais regular, houve diminuição da área interior e da distância entre os fragmentos (Gráfico 33).

Gráfico 33 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_3



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

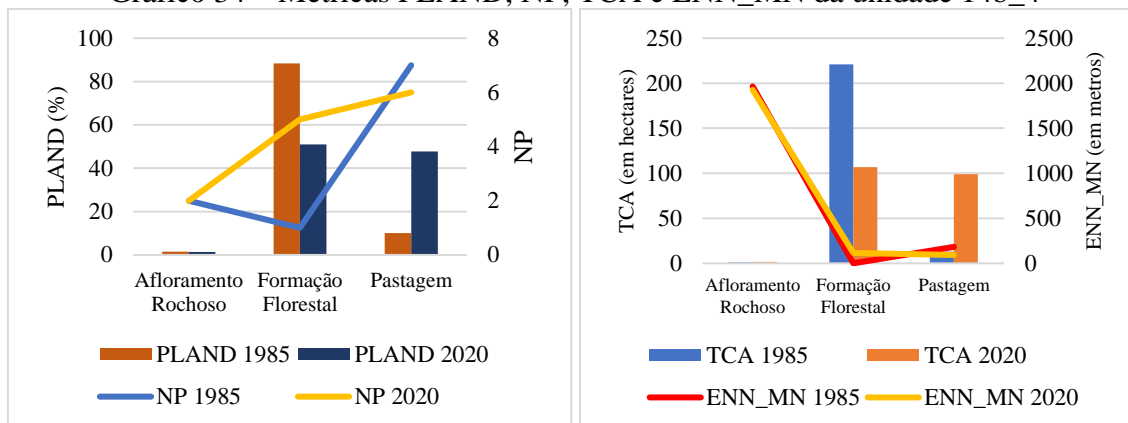
A matriz da unidade geológica 14b_4 é a Formação Florestal (50,91%) (Apêndice W). No trabalho de campo, visualizaram-se áreas de pastagens e vegetação nativa (Figura 179). Ocorreu o processo de fragmentação, com ampliação do número de fragmentos, o formato irregular, além da diminuição da área interior (Gráfico 34).

Figura 179 – Uso e ocupação da unidade geológica 14b_4



Fonte: Autora (2023).

Gráfico 34 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14b_4



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geológica 14b_5 é a Formação Campestre (35,11%). Durante o trabalho de campo, identificaram-se áreas com presença de pastagem, vegetação nativa e uma dolina alagada (Figura 180).

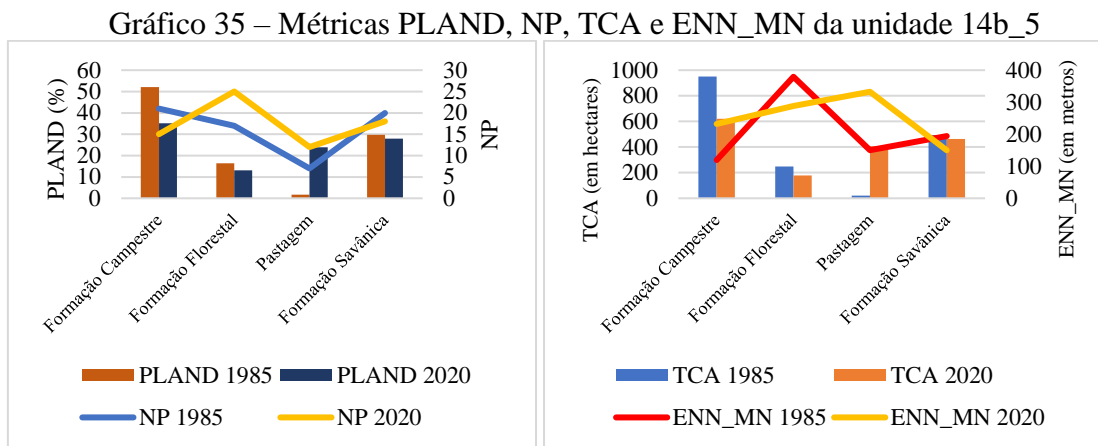
Figura 180 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 14b_5



Fonte: Autora (2022).

A Formação Campestre apresentou diminuição do número de fragmentos, o índice de forma se manteve estável e com formato irregular, ocorreu diminuição da área interior e aumento da distância média entre os fragmentos remanescentes (Apêndice X).

A Formação Florestal apresentou ampliação do número de fragmentos, o índice de forma manteve o formato irregular, ocorreu diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos remanescentes. A Formação Savânica teve diminuição do número de fragmentos, o índice de forma manteve o formato irregular, ocorreu diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos remanescentes (Gráfico 35).



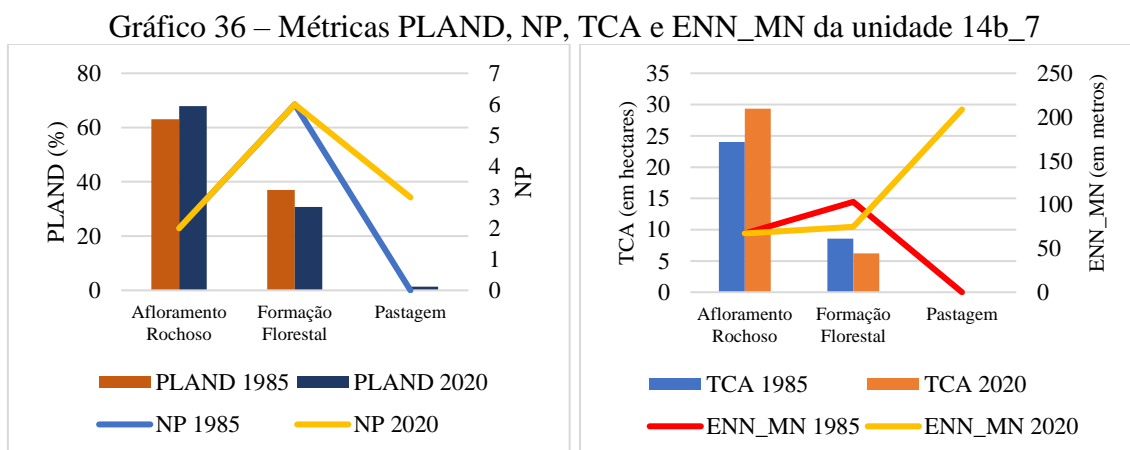
Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A ocupação predominante na unidade geológica 14b_7 é o afloramento rochoso (67,95%), conforme figura 181 (Apêndice Y). O número de fragmentos para a Formação Florestal se manteve estável, e o formato mais regular, diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos (Gráfico 36).

Figura 181 – Uso e ocupação da terra na unidade geológica 14b_7



Fonte: Autora (2022).



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A associação das características físicas da unidade geocológica 14b eleva o nível da fragilidade ambiental. Entre os fatores, destaca-se a declividade, apresentando valor intermediário que, entretanto, não impediu o avanço das áreas de pastagem em todas as unidades. O relevo é um fator importante na transformação de paisagens naturais em paisagens antrópicas, sendo fundamental nos padrões da paisagem e na construção do mosaico heterogêneo (Wu; Zhou; Xie, 2023).

A conservação da cobertura vegetal é essencial para proteger o solo, auxilia no processo de infiltração da água, reduz o escoamento superficial, mantém diversas relações ecológicas e contribui para diminuir a ocorrência de processos erosivos, principalmente nas unidades com declividade intermediária (Kawakubo, 2005).

Observa-se, nas unidades 14b, presença de maciços de afloramento de rochas carbonáticas, dolinas e especificamente, na unidade 14b_2, uma área de lazer para a população local no ribeirão Sobradinho.

Nesses locais, é importante adoção de práticas sustentáveis para continuidade das atividades antrópicas e preservação da vegetação nativa, que apresentou redução no período analisado, pois desempenha papel fundamental no equilíbrio dos ecossistemas e na conservação dos recursos naturais (Guo *et al.*, 2023)

A matriz da unidade geocológica 14c_1 é a Formação Florestal (53,55%) (Figura 182). No período analisado, nota-se a ocupação do único fragmento de Formação Savânica pela pastagem (Apêndice Z). O número de fragmentos da Formação Florestal se manteve estável, o índice de forma apresenta formato irregular, ocorreu diminuição da área interior e aumento da distância entre os fragmentos (Gráfico 37).

Figura 182 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14c para 1985 e 2020

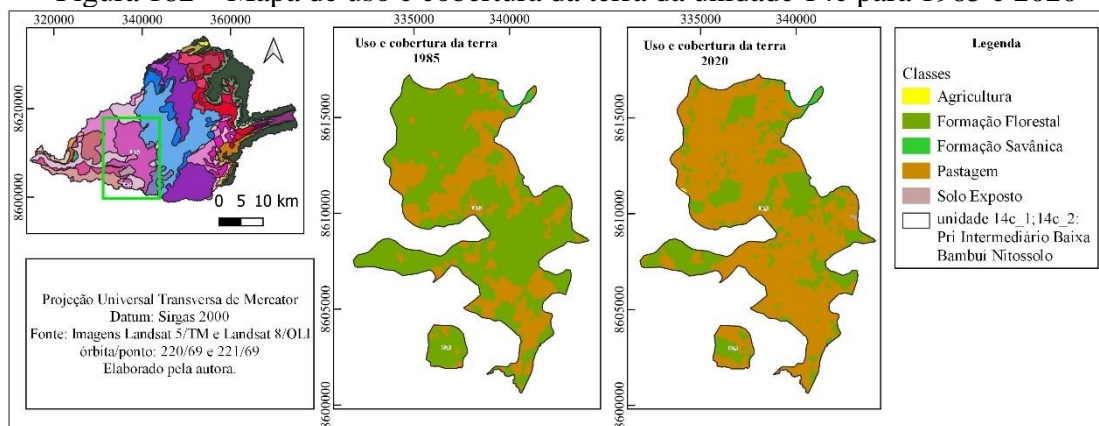
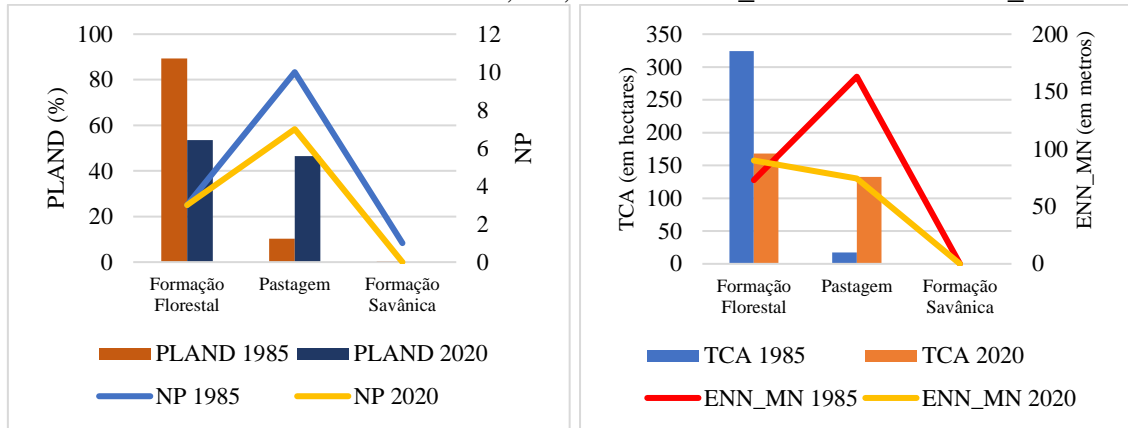


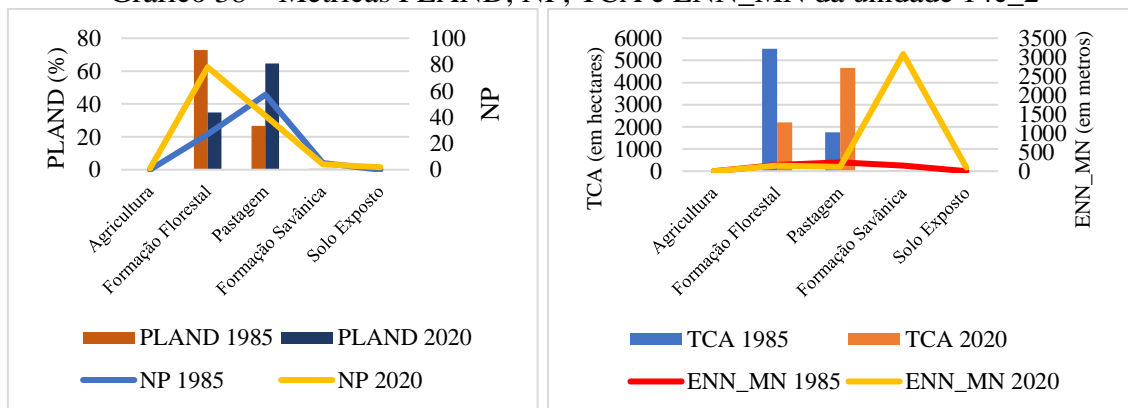
Gráfico 37 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14c_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geocológica 14c_2 é a classe pastagem (64,55%) (Figura 182). Para a Formação Florestal, ocorreu ampliação do número de fragmentos, o formato mais irregular, houve diminuição da área interior e da distância média entre os fragmentos remanescentes (Apêndice A1). Já a Formação Savânica apresentou redução no número de fragmentos, com o formato irregular, aumento da área interior e ampliação da distância entre os fragmentos remanescentes (Gráfico 38).

Gráfico 38 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14c_2



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

As duas unidades geocológicas tiveram modificações quanto ao uso e à cobertura do solo e processo de fragmentação dos remanescentes de vegetação, interferindo na qualidade ambiental (Figura 183). E, por compreender a presença de dolina, maciço de afloramento rochoso e uma caverna, a manutenção de cobertura vegetal é fundamental para minimizar processos erosivos, perda da biodiversidade e qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos desses ambientes cársticos.

Figura 183 – Uso e ocupação da terra nas unidades geológicas 14c_1 e 14c_2



Fonte: Autora (2022). Legenda: a) Ponto na unidade 14c_1 com vegetação e presença de dolina; b) Ponto na unidade 14c_2 com área com pastagem e presença de maciço e vegetação; c) Ponto na unidade 14c_2 com área de vegetação; d) Ponto na unidade 14c_2 com área de pastagem.

A matriz da unidade geológica 14f_3 é a Formação Savânica (62,13%) (Figura 184). Quanto ao número de fragmentos, as Formações Campestre e Savânica apresentaram diminuição, e a Formação Florestal se manteve estável (Apêndice A2). Em relação ao índice de forma, apresentaram formato mais irregular. A área interior se manteve estável, e a distância média entre os fragmentos não teve mudanças significativas, apresentando alto isolamento entre eles (Gráfico 39).

Figura 184 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 14f_3 para 1985 e 2020

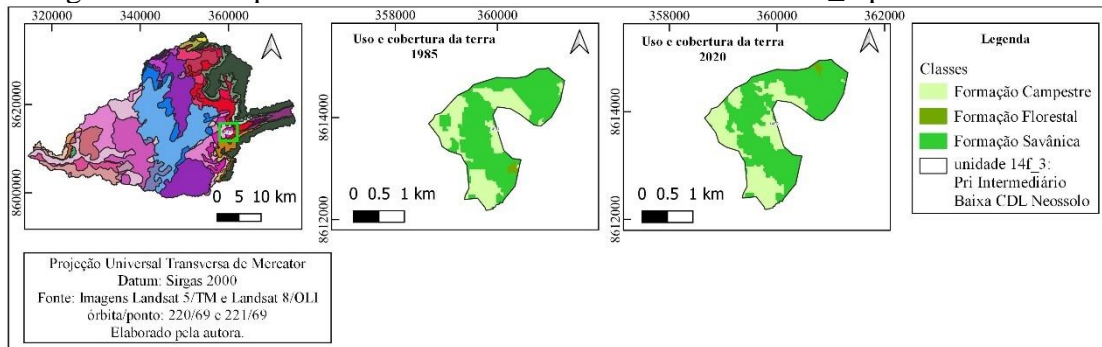
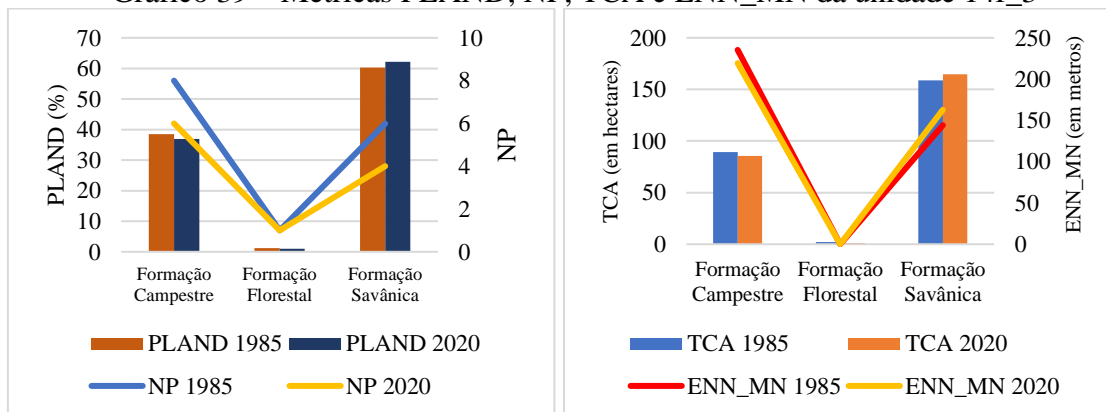


Gráfico 39 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 14f_3



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A matriz da unidade geocológica 16b_3 é a Formação Savânica (62,73%) (Figura 185). A cobertura da Formação Campestre diminuiu, enquanto houve ampliação da área ocupada pela Formação Savânica, e a Formação Florestal se manteve estável no período analisado (Apêndice A4). Ocorreu diminuição do índice de forma, aproximando do formato irregular para a Formação Savânica e Florestal. A área interior diminuiu para a Formação Campestre e aumentou para a Formação Savânica. E houve redução da distância média para os fragmentos da Formação Campestre e a Formação Savânica (Gráfico 40).

Figura 185 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 16b_3 para 1985 e 2020

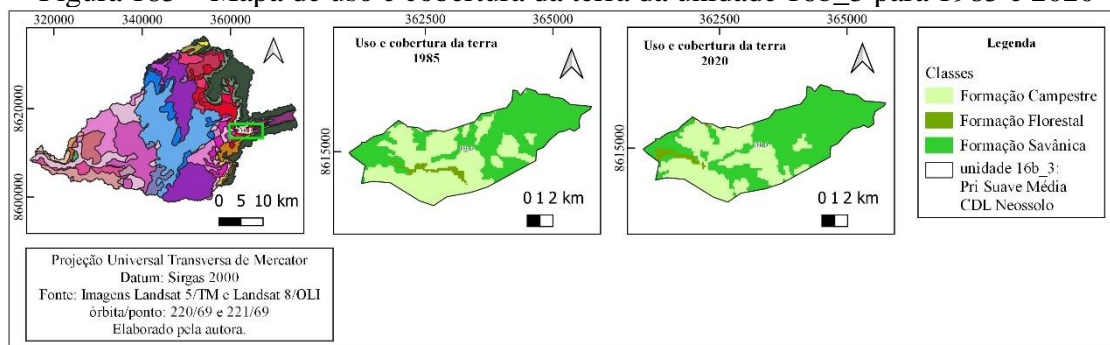
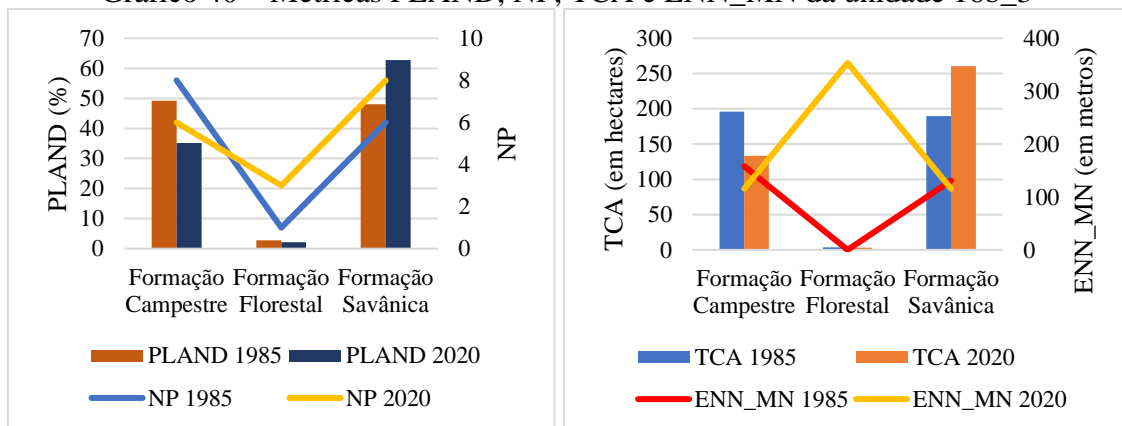


Gráfico 40 – Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 16b_3

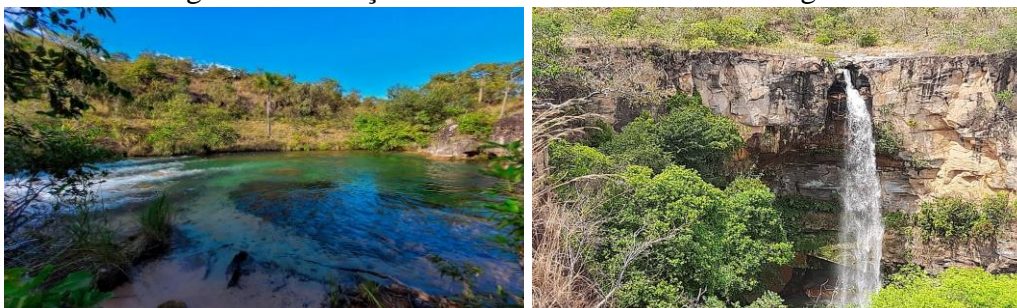


Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

As unidades geocológicas 14f_3 e 16b_3 estão associadas à Cobertura Detrito-Laterítica e Neossolo, localizadas nas proximidades da Serra Geral. Ambas possuem como matriz a Formação Savânica. Por predominar nessas unidades a ocorrência de vegetação com dossel aberto, torna-se importante a conservação da cobertura vegetal nativa, de modo a evitar desequilíbrios ecológicos, ocorrência de processos erosivos e manter os recursos hídricos (Silva; Machado, 2014), visto que as duas unidades abrigam

partes do rio Sobrado e dois atrativos turísticos, o Poço dos Amores e a Cachoeira do Registro junto com a construção da PCH-Sobrado (Figura 186). Nesse sentido, é necessário adoção de práticas para o turismo sustentável.

Figura 186 – Poço dos Amores e Cachoeira do Registro



Fonte: Macedo (2022) e Autora (2021).

A unidade 16a_1 exibe características naturais que elevam o nível de fragilidade natural que pode ser ampliado de acordo com expansão das atividades humanas, pois, em comparação com os dados de uso entre 1985 e 2020, a pastagem ocupa atualmente 30% da área (Apêndice A3). No trabalho de campo, foi possível identificar área com pastagem e com vegetação nativa (Figura 187).

Figura 187 – Uso e ocupação da terra na unidade geocológica 16a_1



Fonte: Autora (2021).

Na unidade geocológica 16a_1, a matriz é a Formação Savânica (57,08%) (Figura 188). Para a Formação Campestre, houve diminuição do número de fragmentos, com formato irregular, diminuição da área interior e aumento da distância entre os fragmentos. A Formação Florestal apresentou aumento do número de fragmentos, com formato mais regular, diminuição da área interior e da distância entre os fragmentos. A Formação Savânica demonstrou aumento do número de fragmentos, formato irregular, diminuição da área interior e aumento da distância entre os fragmentos (Gráfico 41).

Figura 188 – Mapa de uso e cobertura da terra da unidade 16a_1 para 1985 e 2020

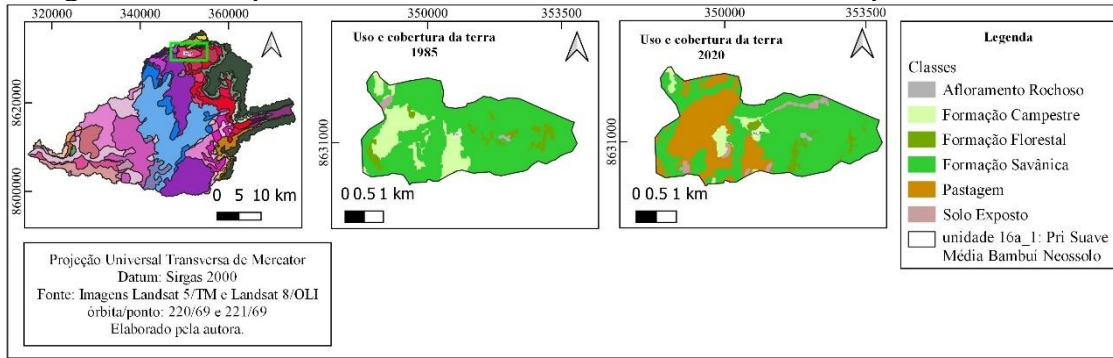
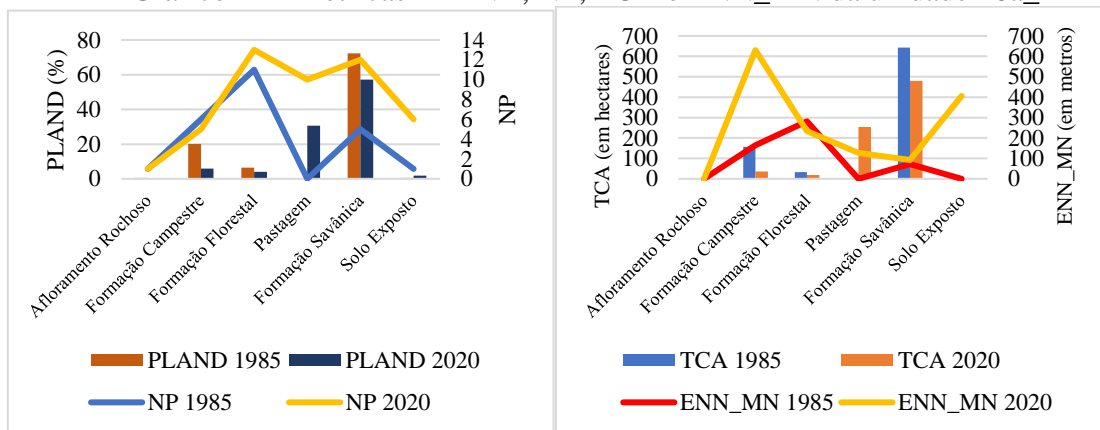


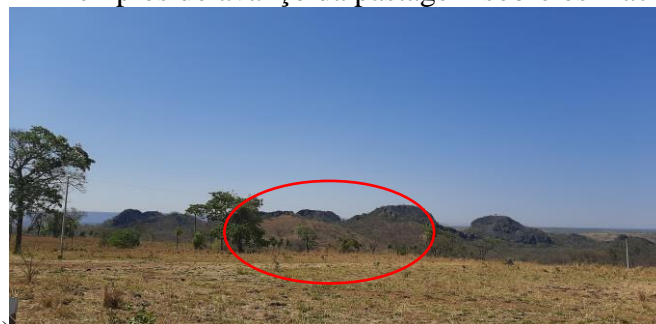
Gráfico 41 - Métricas PLAND, NP, TCA e ENN_MN da unidade 16a_1



Fonte: A autora (2023). Legenda: PLAND (Percentual da Classe); NP (Número de fragmentos); TCA (Área total central); ENN_MN (Distância euclidiana média ao vizinho mais próximo).

A expansão da área de pastagem tem proporcionado ocorrência do processo de fragmentação (Figura 189), que conduz ao declínio da biodiversidade, entre outras alterações de ordem biótica e abiótica (Guo *et al.*, 2023). Além disso, a predominância da Formação Savânica, com vegetação de dossel aberto, pode indicar maior contato das gotas da chuva com o solo, possibilitando ocorrência de processos erosivos (Crepani *et al.*, 2001). Dessa forma, é fundamental a conservação da cobertura vegetal nativa, a fim de minimizar a degradação do solo e o desequilíbrio ambiental.

Figura 189 – Exemplos do avanço da pastagem sobre os maciços na BHRS

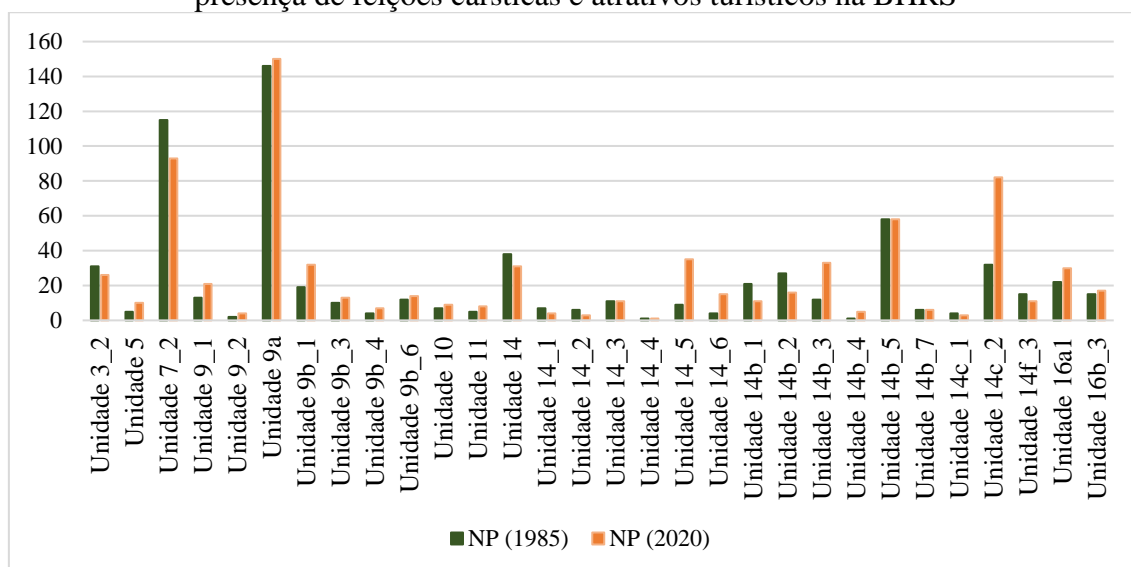


Fonte: Autora (2023).

Diversos fatores interferem na configuração da paisagem, promovendo sua heterogeneidade. Quando uma área coberta por floresta é desmatada e convertida para pastagem, isso reflete na subdivisão, no tamanho e na forma dos fragmentos remanescentes, alterando a qualidade ambiental e a função no ecossistema, visto que a vegetação protege o solo, auxilia no processo de regulação do ciclo da água, na regulação do clima, entre outros fatores (Botequilha-Leitão; Guiomar, 2021).

Observou-se que do total de 30 unidades analisadas no período de 1985 e 2020, 17 apresentaram aumento do número de fragmentos (NP), em 9 unidades, ocorreu diminuição do NP, e 4 unidades mantiveram estável o NP (Gráfico 42). Em 23 unidades, do total de 30, identificou-se diminuição da área média e máxima dos fragmentos, nas demais, ocorreu aumento da área média e máxima e/ou estabilidade desses valores.

Gráfico 42 – Evolução do número de fragmentos nas unidades geológicas com a presença de feições cársticas e atrativos turísticos na BHRS



Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Nesse sentido, o processo de fragmentação de remanescentes pode ocorrer de modo particular para cada unidade geológica da paisagem cárstica da BHRS. Considerando suas características geológicas, entende-se como relevante o diagnóstico da evolução temporal, como forma de subsidiar informações para planejamento e uso adequado de acordo com as fragilidades dessas áreas (Quadro 18).

Quadro 18 – Diagnóstico geocológico das unidades geocológicas da paisagem da BHRS com presença de feições cársticas

Unidade Geocológica	Alterações no uso e na cobertura entre 1985 e 2020	Limites	Potencialidades	Feição Cárstica	Alterações na estrutura espacial entre 1985 e 2020	Sugestão de práticas sustentáveis para minimizar o impacto humano ¹
Dc Intermediário Média Urucuiá Neossolo 3	Predomina nessa unidade a cobertura vegetal representada por Formação Savânica, Formação Florestal e Formação Campestre, que se manteve estável na comparação do uso e da cobertura da terra para o período entre 1985 e 2020.	A remoção da vegetação e a combinação do fator declividade e tipo de solos podem acelerar a ocorrência de erosão.	Preservação da vegetação original, a fim de proteger o solo, os recursos hídricos e a estabilidade desses ambientes. Turismo sustentável.	Uma caverna, Abrigo do Libarro. Um atrativo turístico, a cidade dos Totens.	A matriz é a Formação Savânica. Diminuição do NP para Formações Campestre e Savânica. Aumento do número de fragmentos da Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formações Campestre e Florestal. Aumento do TCA para Formação Savânica. Aumento da distância para Formações Campestre e Florestal. Diminuição da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima para Formações Florestal e Campestre. E aumento da área média e máxima para Formação Savânica.	Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Dt Suave Baixa Bambuí Cambissolo (3,633 Km ²) 5	Em 1985, havia predomínio da cobertura vegetal, representada por Formação Florestal e Formação Savânica, e uma pequena área de pastagem. No ano de 2020, ocorreu conversão de áreas de vegetação para pastagem, que atualmente ocupa 42,35% da área, indicando redução de cobertura vegetal.	O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à erosão e necessita de técnicas aplicadas e manejo adequado da terra para execução de atividades agropecuárias.	A combinação dos fatores declividade e com tipo de solos favorece o desenvolvimento de atividades humanas como a pecuária e agricultura. Manutenção da cobertura vegetal a fim de proteger o solo, processos cársticos, recursos hídricos e biodiversidade.	Nessa unidade, está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Savânica. Aumento NP para Formações Savânica e Florestal. Diminuição da TCA para Formações Savânica e Florestal. Diminuição da distância para Formação Florestal e aumento para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima para os fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz
Kc Suave Baixa Bambuí Neossolo 7_2	No período compreendido entre 1985 e 2020, ocorreu redução das áreas de cobertura vegetal e conversão para o uso destinado para área urbana e pastagem, que juntos representam 41,21% do uso atual, porém ainda predomina um percentual superior a 50% de vegetação nativa na unidade.	O tipo de solo apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos e limitações para uso agrícola.	A combinação dos fatores declividade e com tipo de solos favorece o desenvolvimento de atividades humanas como pecuária e área urbana. A manutenção da cobertura vegetal restante contribuirá para proteção do solo e processos cársticos, além da preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade local e subterrânea.	Na unidade, estão presentes a caverna cadastrada pelo CECAV, Gruta do Grotão, e uma dolina, além de maciços de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Savânica. Redução do NP para Formação Campestre. Aumento do NP para Formações Savânica e Florestal. Diminuição da TCA para Formações Campestre, Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formações Campestre e Savânica. A distância média se manteve estável para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima para os fragmentos das Formações Campestre, Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental. Leis, regulamentos e fiscalização eficazes para prevenir poluição dos aquíferos, redução das superfícies impermeáveis e descarte adequado de resíduos.
Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento 9	No período analisado entre 1985 e 2020, ocorreu redução de cobertura vegetal e ampliação das áreas de pastagem nas duas unidades. Porém, ainda se conserva um percentual superior a 60% referente às classes de vegetação.	A retirada da vegetação associada à presença de afloramentos rochosos pode potencializar ocorrência de processos erosivos, além de redução da biodiversidade, da qualidade das águas.	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os processos cársticos, os recursos hídricos e a estabilidade desses ambientes.	Presença de dolina, 28 cavernas cadastradas pelo CECAV e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal e aumento da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima para os fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Kd Suave Baixa Bambuí Afloramento 9_1				Presença de maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Diminuição da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima para os fragmentos da Formação Florestal.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo.

Kd Suave Baixa Bambuí Cambissolo 9a	No período analisado entre 1985 e 2020, ocorreu redução de cobertura vegetal e ampliação das áreas de pastagem. Porém, ainda se conserva um percentual superior a 60% referente à vegetação.	A combinação da litologia com o tipo de solo apresenta alto nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos, porém o predomínio de declives inferiores a 20% e a presença de cobertura vegetal ajudam a minimizar os impactos negativos. A área abriga Patrimônio Espeleológico e Arqueológico, por isso necessita da preservação da cobertura vegetal, a fim de manter a estabilidade dessa unidade e os recursos hídricos.	Os aspectos físicos como a declividade e o tipo de solo favorecem a atividade de pecuária.	Estão presentes treze cavernas catalogadas pelo CECAV, seis sítios arqueológicos, uma surgência, a PCH-Taguatinga, quatro dolinas e um sumidouro.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição do NP para Formações Campestre e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Campestre, Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formações Campestre e Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima para os fragmentos das Formações Campestre, Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo 9b_1	Para o período entre 1985 e 2020, ocorreu redução das áreas de cobertura vegetal e ampliação das áreas de pastagem. Especificamente, na unidade 9b_1, tem-se área urbana.	A combinação da litologia com o tipo de solo apresenta alto nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos.	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos, os processos cársticos e a estabilidade dessa unidade.	Estão presentes uma dolina, três cavernas e a maciços de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz, em 1985, era a Formação Savânica, em 2020, a matriz é pastagem. Aumento do NP para Formação Savânica. Diminuição do NP para Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal. E aumento da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental. Leis, regulamentos e fiscalização eficazes para prevenir poluição dos aquíferos, redução das superfícies impermeáveis e descarte adequado de resíduos.
Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo 9b_3				Está presente maciço de afloramento rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Savânica. Houve redução do NP para Formações Campestre e Florestal. Aumento do NP para Formação Savânica. A TCA se manteve estável para Formação Florestal e diminuição da TCA para Formação Savânica. Aumento da distância para Formações Florestal e Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal. Houve aumento da área média e máxima dos fragmentos da Formação Savânica.	
Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo 9b_4				Está presente maciço de afloramento rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Substituição dos fragmentos das Formações Campestre e Savânica por outro uso. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Kd Suave Baixa Bambuí Neossolo 9b_6				Está presente uma dolina.	A matriz, em 1985, era a Formação Florestal, em 2020, a matriz é pastagem. Aumento do NP para Formação Florestal. Substituição dos fragmentos da Formação Savânica por outro uso. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Kd Suave Média Bambuí Neossolo 10	No período analisado entre 1985 e 2020, ocorreu redução de cobertura vegetal e ampliação das áreas de pastagem, entretanto ainda se preserva mais de 70% referente de vegetação.	A combinação da litologia com o tipo de solo apresenta alto nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos.	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade, os recursos hídricos, os processos cársticos e a estabilidade dessa unidade.	Estão presentes uma caverna cadastrada pelo CECAV e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Savânica. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formação Florestal. Diminuição da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Pgi Intermediário Média Bambuí Neossolo 11	No período analisado entre 1985 e 2020, ocorreu pequena redução da cobertura vegetal, o que pode considerar-se estável e ocupação de 0,39% equivalente à área de pastagem.	A combinação da litologia com o tipo de solo e declividade apresenta alto nível de fragilidade potencial à ocorrência de processos erosivos.	Preservação da vegetação original a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e a estabilidade dessa unidade.	Estão presentes uma caverna cadastrada pelo CECAV, a Gruta da Bica, e maciço de afloramento de rochas carbonáticas	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição do NP para Formação Savânica. Aumento do TCA para Formação Florestal. Diminuição do TCA para Formação Savânica. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média dos fragmentos e aumento da área máxima para Formação Florestal.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.

Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14	Em relação ao uso e à cobertura da terra, em 1985, já havia área de pastagem em todas as unidades geocológicas, e ocorreu redução da cobertura vegetal presente em todas, incluindo Formação Campestre, Formação Florestal e Formação Savânica e consequente conversão para áreas de pastagem entre 1985 e 2020.	A conversão de uso da terra altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental. E o tipo de solo demanda manejo e técnicas adequados.	Os aspectos físicos como a declividade e o tipo de solo favorecem a atividade de pecuária. Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos.	Estão presentes duas dolinas.	A matriz é a pastagem. Diminuição do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da TCA para Formação Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_1				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a pastagem. Diminuição do NP para Formação Florestal. Estabilidade do NP para Formação Savânica. Substituição do fragmento da Formação Campestre por outro uso. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da TCA para Formação Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_2				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Diminuição do NP para Formação Florestal. Aumento da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Ampliação da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_3				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Estabilidade do NP para Formação Savânica. Substituição do fragmento da Formação Campestre por outro uso. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formação Florestal. Diminuição da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_4				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. O NP manteve estabilidade para Formação Florestal. O TCA manteve estabilidade para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima do fragmento da Formação Florestal.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_5				Estão presentes duas cavernas cadastradas pelo CECAV, a Gruta do Urso e a Gruta dos Moura, e maciço de afloramento de rochas carbonáticas	A matriz é a pastagem. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da distância para Formações Florestal e Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Cambissolo 14_6				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a pastagem. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_1	No período analisado entre 1985 e 2020, em todas as unidades, houve redução da área de cobertura vegetal e ampliação da área de pastagem. Especificamente, na unidade 14b_3, identificou-se agricultura, com a implantação de pivôs.	O tipo de solos e litologia elevam o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão.	Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. A declividade favoreceu o desenvolvimento da pastagem e agricultura com a presença de pivôs.	Está presente uma dolina.	A matriz é a pastagem. Substituição dos fragmentos da Formação Florestal por outro uso. Diminuição do NP para a Formação Savânica. Diminuição da TCA para Formação Savânica. Aumento da distância para Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; Educação Ambiental.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_2				Está presente um atrativo turístico, o ribeirão Sobradinho.	A matriz é a Formação Savânica. Diminuição do NP para Formações Campestre e Florestal. Aumento do NP para Formação Savânica. Diminuição da TCA para Formação Campestre. Aumento da TCA para Formações Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formação Campestre e Florestal. Diminuição da distância para Formação Savânica. Houve aumento da área média e máxima dos fragmentos das Formações Campestre e Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Savânica.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_3				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a pastagem. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da distância para Formações Florestal e Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	

Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_4				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Florestal. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_5				Estão presentes maciço de afloramento de rochas carbonáticas e uma dolina com presença de água.	A matriz é a Formação Campestre. Diminuição do NP para Formações Campestre e Savânica. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição da TCA para Formações Campestre, Florestal e Savânica. Aumento da distância para Formação Campestre. Diminuição da distância para Formações Florestal e Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Campestre. Houve diminuição da área média e estabilidade da área máxima dos fragmentos da Formação Florestal. Aumentou a área média e máxima dos fragmentos da Formação Savânica.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Neossolo 14b_7				Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A ocupação predominante é o afloramento rochoso. O NP manteve estabilidade para Formação Florestal. Diminuição da TCA e da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	
Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo 14c_1	No período analisado entre 1985 e 2020, em todas as unidades, houve redução da área de cobertura vegetal e ampliação da área de pastagem. Especificamente, na unidade 14c_2, identificou-se agricultura, com a implantação de pivôs.	O tipo de solos e litologia elevam o nível de fragilidade potencial da unidade. A substituição da cobertura vegetal por pastagem altera os fluxos de energia e matéria, contribuindo para maior vulnerabilidade à erosão.	Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. A declividade e o tipo de solo favorecem a atividade da pecuária.	Está presente uma dolina.	A matriz é a Formação Florestal. Substituição do fragmento da Formação Savânica por outro uso. O NP da Formação Florestal manteve estabilidade. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Reflorestamento em torno de dolinas, nascentes e cavernas. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; monitoramento de conexões da caverna e superfície; proteção da bacia hidrográfica da superfície da caverna; Educação Ambiental.
Pri Intermediário Baixa Bambuí Nitossolo 14c_2				Estão presentes uma caverna cadastrada pelo CECAV, a Gruta do Elefante, e maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a pastagem. Aumento do NP para Formação Florestal. Diminuição do NP para Formação Savânica. Diminuição da TCA para Formação Florestal. Aumento da TCA para Formação Savânica. Aumento da distância para Formações Florestal e Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Florestal e Savânica.	
Pri Intermediário Baixa CDL Neossolo 14f_3	Predomina nessa unidade a cobertura vegetal representada por Formação Savânica, Formação Florestal e Formação Campestre, que se manteve estável na comparação do uso e da cobertura da terra para o período entre 1985 e 2020.	A combinação da declividade e com tipo de solo eleva o nível de fragilidade ambiental dessa unidade.	Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. Turismo sustentável.	Está presente um atrativo turístico, o poço dos amores.	A matriz é a Formação Savânica. Diminuição do NP para Formações Campestre e Savânica. Estabilidade do NP para Formação Florestal. A TCA manteve estabilidade para todas as formações. Diminuição da distância para Formação Campestre. Aumento da distância para Formação Savânica. Aumento da área média e diminuição da área máxima dos fragmentos da Formação Campestre. Aumento da área média e máxima dos fragmentos da Formação Savânica. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos da Formação Florestal.	Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; Educação Ambiental; descarte adequado de resíduos.
Pri Suave Média Bambuí Neossolo 16a_1	Quanto ao uso e à cobertura da terra, entre 1985 e 2020, ocorreu redução da cobertura vegetal, seguida de expansão das áreas de pastagem.	A manutenção da cobertura vegetal é fundamental, tendo em vista que o tipo de solos aumenta o nível de fragilidade potencial da unidade à ocorrência de processos erosivos.	A declividade possibilitou a ocupação antrópica por meio da substituição da cobertura vegetal por atividades de pecuária.	Está presente maciço de afloramento de rochas carbonáticas.	A matriz é a Formação Savânica. Diminuição do NP para Formação Campestre. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para todas as formações. Aumento da distância para Formações Campestre e Savânica. Diminuição da distância para Formação Florestal. Houve diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Campestre, Florestal e Savânica.	Recomposição vegetal para manutenção dos processos cársticos e das espécies nativas da flora e da fauna, proteção do solo e dos recursos hídricos. Adoção de práticas conservacionistas do solo que atuem na redução do escoamento superficial, na prevenção da erosão e na manutenção da fertilidade do solo. Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz.
Pri Suave Média CDL Neossolo 16b_3	Predomina nessa unidade a cobertura vegetal representada por Formação Savânica, Formação Campestre e Formação Florestal, que se manteve estável na comparação do uso e na cobertura da terra para o período entre 1985 e 2020.	O tipo de solo apresenta elevado nível de fragilidade ambiental, com vulnerabilidade à ocorrência de processos erosivos, que pode ser minimizado pela declividade suave.	Preservação da vegetação a fim de proteger o solo, manter a biodiversidade e os recursos hídricos. Turismo sustentável.	Estão presentes um atrativo turístico, a Cachoeira do Registro, e a PCH-Sobrado.	A matriz é a Formação Savânica. Diminuição do NP para Formação Campestre. Aumento do NP para Formações Florestal e Savânica. Diminuição da TCA para Formações Campestre e Savânica. Estabilidade da TCA para Formação Florestal. Diminuição da distância para Formações Campestre e Savânica. Diminuição da área média e máxima dos fragmentos das Formações Campestre e Florestal. Diminuição da área média e aumento da área máxima dos fragmentos da Formação Savânica.	Proteção legal por meio de Unidade de Conservação e plano de gestão eficaz; Educação Ambiental; descarte adequado de resíduos.

Fonte: Sugestões baseadas em Van Beynen, Brinkmann e Van Beynen (2012, p. 225).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O carste compreende um ambiente particular e de alta fragilidade natural. Oferece recursos naturais importantes para desenvolvimento da sociedade. Por isso, o uso e a ocupação desses locais demandam atenção especial em razão de sua baixa capacidade de suporte diante da variedade de atividades humanas que podem ser implementadas, promovendo impactos que muitas vezes não podem ser mensurados em função da conexão existente entre a superfície e o meio subterrâneo.

A realização de estudos sistêmicos acerca da estrutura e da dinâmica de bacias hidrográficas inseridas em ambientes cársticos é necessária, tendo em vista que a integração dos fatores físicos, biológicos e sociais possibilita avaliação das fontes de degradação e oferece subsídios relevantes para planejamento e gestão dessas áreas voltados para o uso racional e a compatibilização das intervenções humanas, considerando as fragilidades desse sistema ambiental com um todo.

Os resultados alcançados nesta pesquisa demonstraram que a aplicação de metodologia e preceitos teóricos da Geoecologia da Paisagem, baseada na Teoria Geossistêmica e com enfoque interdisciplinar, possibilitou a realização das etapas de pesquisa (organização e inventário, análise e diagnóstico) e, assim, permitiu alcançar os objetivos propostos inicialmente e a confirmação das hipóteses levantadas.

As ferramentas oferecidas pelas geotecnologias possibilitaram o levantamento e o mapeamento das informações ambientais que caracterizam a área de estudo e auxiliaram em todas as etapas dos procedimentos metodológicos apresentados no capítulo 4: elaboração das informações sobre o uso e cobertura da terra; dados sobre o processo de fragmentação, a partir da aplicação das métricas da paisagem, sob o viés da Ecologia da Paisagem; compartimentação das unidades geoecológicas da paisagem, apoiada nos fundamentos da Cartografia de Paisagem e da Geoecologia da Paisagem; elaboração do mapa exploratório de fenômenos cársticos; trabalhos de campo e avaliação multitemporal da dinâmica de uso e fragmentação nas unidades geoecológicas com a presença de feições cársticas e atrativos turísticos.

Os dados de uso e cobertura da terra, observados ao longo dos anos de 1985, 2000, 2015 e 2020, indicam aumento das atividades humanas, como agricultura, pecuária e expansão urbana detrimento da área de vegetação nativa, constituindo, assim, os

principais fatores de pressão sobre a biodiversidade e os recursos naturais, com modificações da paisagem da BHRS.

A retirada da vegetação nativa representa o principal impacto negativo que, associado à falta de práticas conservacionistas, favorece a degradação ambiental, considerando a fragilidade natural apresentada pela área cárstica e a importância de sua presença para continuidade e equilíbrio de diversos processos ecológicos.

A BHRS ainda possui 60,49% de vegetação nativa. Entretanto, a ocupação humana intensifica as fragilidades do carste, pois as alterações provocam desequilíbrios, repercutindo na estrutura e na funcionalidade da paisagem. Assim, torna-se essencial a revisão das práticas adotadas pelas atuais atividades e a consideração de que existe a demanda pelo uso do recurso para propor implementação de novas formas de uso visando à sustentabilidade dessa área.

A abordagem ecológica da paisagem da BHRS, por meio da análise dos resultados obtidos pelas métricas, evidenciou alterações na composição e na configuração no período entre 1985 e 2020, em virtude da ampliação das atividades humanas que têm influenciado os padrões dessa paisagem, atingido áreas de grande sensibilidade ambiental, promovido a ocorrência do processo de fragmentação, diminuído a qualidade dos fragmentos e a disponibilidade de recursos mínimos para a sobrevivência das espécies.

A classe que apresentou maior processo de fragmentação foi a Formação Savânica, seguida da Formação Florestal. Em todos os anos avaliados, ampliou-se a quantidade de fragmentos, principalmente a ocorrência do processo de subdivisão daqueles com área superior a 100 hectares, seguida da redução da área total, indicando fragmentação e consequente substituição por outro uso.

Alterações no formato e na dimensão dos fragmentos, grau de isolamento e aumento das influências do efeito de borda, consequência direta da diminuição da área total central, representam importantes evidências para implementar áreas protegidas e manter a qualidade e condições mínimas dos fragmentos e suas funções ecológicas, principalmente daqueles situados nas proximidades das cavernas.

Com base nos resultados, é imperativo alertar para a necessidade de planejamento dessa paisagem, a partir de elaboração e implantação de medidas eficazes para alcançar os objetivos visando à conservação da biodiversidade e à minimização dos efeitos e dos impactos da ocupação desordenada, que refletem no desequilíbrio dos processos ecológicos e no oferecimento dos serviços ecossistêmicos.

A adoção da Geocologia da Paisagem em sua abordagem geográfica proporcionou identificação da diversidade do mosaico paisagístico que caracteriza as 37 unidades geológicas da BHRS. Essa organização dos fatores físicos de cada unidade revela uma fragilidade natural em função da associação de suas características físicas, que, analisados em conjunto com o atual uso da terra, permitiu verificar como essa relação influencia seu funcionamento e, a partir disso, elaborar um diagnóstico com limites e potencialidades.

Além disso, possibilitou o reconhecimento das unidades onde há organização dos atributos físicos (relevo, solos, geologia, entre outros) favorável à ocupação, ou aquelas que necessitam de manutenção da conservação em função de apresentar maior nível de fragilidade diante da intervenção humana. Além disso, demonstra-se a necessidade de elaboração de propostas para minimizar os efeitos das pressões antrópicas sobre os recursos naturais desse frágil sistema ambiental, o carste.

Percebe-se que as unidades geológicas da paisagem estão interconectadas, e cada uma tem seu valor específico para o equilíbrio e o funcionamento do sistema ambiental. Diante disso, as atividades da agricultura exercidas no topo da Serra Geral necessitam adotar práticas sustentáveis para evitar prejuízos mais graves nas unidades geológicas situadas à jusante, onde estão as feições cársticas. As práticas atuais podem desencadear impactos negativos, como redução da biodiversidade, degradação dos recursos hídricos, processos erosivos e contaminação dos aquíferos cársticos.

As áreas escarpadas e próximas à Serra Geral possuem a cobertura vegetal preservada, auxiliando na manutenção do equilíbrio ambiental das unidades geológicas da paisagem, nos processos ecológicos, na manutenção dos recursos hídricos e na prevenção de processos erosivos.

Observou-se que a maioria das unidades geológicas da paisagem possui características pedológicas com níveis que variam de alto a muito alto para a suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos. Por isso é necessária uma revisão das atuais formas de uso, é preciso adotar formas de manejo adequado a fim de minimizar os impactos e não influenciar as características físicas e de funcionamento dos solos.

É importante destacar que, na BHRS, o Grupo Bambuí constitui a base geológica composta por rochas carbonáticas e que nessas áreas há interconexão complexa entre a superfície e o meio subterrâneo e que todos os fatores geológicos em conjunto deram origem à paisagem cárstica, bem como ao ecossistema associado.

A declividade suave e/ou intermediária na maioria das unidades possibilitou desenvolvimento das atividades humanas, com destaque para a pecuária, atividade predominante em todas as unidades geológicas com ocorrência de feições cársticas.

Os atrativos turísticos identificados nos trabalhos de campo estão associados aos cursos d'água presentes na BHRS, e a uma área constituída por dunas e totens, revelando belezas naturais que possuem potencial favorável para exploração do turismo de forma sustentável, que deve buscar conciliar a conservação desses recursos e minimizar os impactos promovidos pela visitação.

O rio Azuis representa o principal atrativo turístico da BHRS, uma surgência cárstica que recebe vários turistas e localiza-se na maior unidade geológica (9a), por isso necessita de um plano de manejo específico que contemple a sua preservação, tendo em vista que o uso e a ocupação na área têm ocorrido de forma desordenada e sem considerar a fragilidade ambiental.

Além disso, há diversas cavernas na abrangência da BHRS, que apresentam alto potencial para desenvolvimento do turismo espeleológico. Entretanto, por se tratar de áreas com baixa capacidade de resiliência diante das pressões ambientais, e relevância por abrigar importantes registros históricos, arqueológicos e paleontológicos, necessita de um plano de manejo específico.

É fundamental ainda que o desenvolvimento do turismo espeleológico considere aspectos referentes à acessibilidade e à segurança do visitante, bem como acompanhamento por um guia turístico, com conhecimentos específicos para expor sobre a importância dessas cavidades naturais para os turistas e ressaltar a necessidade de preservação.

As informações obtidas por este diagnóstico geológico oferecem subsídio ao poder público para elaboração de políticas específicas que contemplem o aproveitamento sustentável dessa área, de acordo com a capacidade de suporte; estabelecimento de programas de Educação Ambiental para divulgação sobre a importância de proteção desse ecossistema singular e frágil; estímulo para conservação do Patrimônio Espeleológico, tendo em vista que abriga importantes registros históricos; e ainda promoção e suporte à atividade turística na região, com enfoque na proteção do carste, acompanhados da diversificação da renda para a população local a partir do turismo sustentável.

O mapa exploratório de fenômenos cársticos apresentou a distribuição das feições cársticas na área da bacia do rio Sobrado, demonstrando necessidade de ações que visem

à conservação desse sistema ambiental que disponibiliza recursos naturais e serviços ecossistêmicos valiosos.

Destaca-se a importância dos trabalhos de campo na elaboração desse mapa, visto que permitiram a validação das informações visualizadas nas imagens de satélite. Auxiliaram na identificação das feições, como dolinas, sumidouros, maciços de afloramento de rochas carbonáticas, cavernas, entre outros. E ainda propiciaram a identificação das principais formas de uso e ocupação da terra na abrangência da BHRS.

A análise multitemporal da dinâmica de uso e fragmentação das unidades geológicas da paisagem com a presença de fenômenos cársticos e atrativos turísticos possibilitou constatar que, apesar da fragilidade natural identificada a partir da associação dos fatores físicos, ocorreu aumento dos níveis de ocupação humana, seguido do processo de fragmentação dos remanescentes de vegetação nativa.

A expansão das áreas de pastagem influenciou diretamente na qualidade dos fragmentos, como aumento da subdivisão, diminuição da área total central, formato irregular, ampliação do isolamento entre os fragmentos remanescentes e substituição destes por outro uso.

As alterações na cobertura vegetal nativa afetam diretamente as espécies cuja riqueza e abundância dependem das características estruturais dos fragmentos, o que compromete severamente a diversidade e a dinâmica das comunidades, assim como o equilíbrio do ecossistema, principalmente, por se tratar de um ambiente cárstico que abriga diversas espécies da fauna e da flora adaptadas às especificidades do ambiente.

Além disso, a conservação dessa paisagem está diretamente relacionada à qualidade e à quantidade da água superficial e subterrânea. As alterações da paisagem natural promovem mudanças no regime hidrológico, tanto na rede de drenagem superficial quanto na subterrânea, pois se encontram conectadas e afetam a taxa de recarga dos aquíferos.

As unidades geológicas com presença de cavernas, dolinas e sumidouros precisam da implementação de ações de conservação e recomposição da vegetação nativa, por constituir elementos importantes para manutenção de recarga do aquífero subterrâneo. No trabalho de campo, foi possível visualizar a modificação do uso da terra nas áreas das dolinas e em torno das cavernas.

O diagnóstico geológico da paisagem cárstica da BHRS revelou alterações na paisagem natural proporcionadas pela expansão das atividades humanas, indicando a necessidade do direcionamento de ações para garantir a continuidade de sua dinâmica

natural, uso apropriado da terra, manutenção dos ecossistemas superficiais e subterrâneos e conservação do patrimônio cárstico.

O processo de ocupação atual da paisagem cárstica nos leva a refletir sobre a necessidade da sensibilização da população local sobre os impactos das ações nos sistemas bióticos e abióticos envolvidos, visando à divulgação da importância socioambiental do carste, com destaque para suas características e estrutura, evidenciando a conexão existente nessas áreas entre o ambiente superficial e o meio subterrâneo.

Para tanto, deve-se considerar um planejamento que compreenda as informações obtidas nos resultados abrangendo as potencialidades e as limitações, o processo atual e futuro de ocupação, considerando as características da paisagem cárstica, além da manutenção de suas condições naturais, contribuindo, assim, para o equilíbrio desse sistema ambiental. Dessa forma, a criação de Unidade de Conservação é fundamental para contemplar um melhor planejamento e gestão territorial da bacia do rio Sobrado.

É necessário estabelecimento de uma gestão participativa e integrada, que atenda às necessidades da população, ao desenvolvimento econômico local e busque compatibilizar as atividades urbanas e rurais com o uso racional. Acrescente a isso implementação de políticas que visem à proteção e à reestruturação da paisagem ambiental nas escalas municipal, estadual e federal, à preservação do Patrimônio Espeleológico, garantindo o acesso a ele.

Sugere-se a ampliação dos estudos envolvendo a caracterização do meio subterrâneo e do sistema hidrológico associado, monitoramento da qualidade das águas superficiais da BHRS visando complementar as proposições das ações de conservação. Também são necessários incentivos para realização de pesquisa científica nas cavernas da região, para identificar e preservar as pinturas rupestres e artefatos cerâmicos, bem como a continuidade de estudos paleontológicos nas demais cavernas, haja vista o potencial identificado nas pesquisas realizadas na Gruta do Urso, na Gruta dos Moura e na Gruta Tacho de Ouro, além de estudos mais específicos sobre a fauna e a flora existentes nessas cavernas. E investigações relacionadas a questão fundiária, que indiquem mais detalhadamente os agentes envolvidos na transformação da paisagem.

Assim, os resultados alcançados nesta tese são fundamentais para subsidiar medidas planejamento e gestão ambiental em áreas cársticas. Espera-se que o estudo possa contribuir para a conservação da paisagem cárstica, de aspecto singular e frágil, detentora de valiosos recursos naturais e serviços ecossistêmicos para a biodiversidade, a população local e os visitantes.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, C. G. de; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná, como subsídio ao seu plano de manejo. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 115-122, jan./jul. 2007.
- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- ALVES, L. R. F. **Paisagem cárstica no entorno do rio Azuis, Tocantins: caracterização geomorfológica e contribuições para a gestão ambiental**. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2018.
- ALVES, L. B.; SILVA, C. A. da.; MEDEIROS, R. B. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, Mato Grosso do Sul. **Revista da ANPEGE**, v. 18, n. 35, p. 133-156, 2022.
- AMANAJÁS, V.; FUNI, C. **Minicurso de delimitação de bacia hidrográfica**. Macapá: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, mar. 2015.
- AMORIM, A. T.; SOUSA, J. A. P. de.; PIROLI, E. L. O uso das métricas de Ecologia da Paisagem para análise dos padrões espaciais da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Boa Vista. **Formação (online)**, v. 28, n. 53, p. 625-642, 2021.
- AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. de. As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente – SP. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 2, p. 177-198, dez. 2008.
- ANDRADE, D.F.; OGLIARI, P.J. **Estatística para Ciências Agrárias e Biológicas: com noção de experimentação**. 3ª ed. Florianópolis: EdUFSC, 2017.
- ANDREU, J. M. *et al.* Karst: un concepto muy diverso. **Eseñanza de Las Ciencias de la Tierra**, v. 24, n. 1, p. 6-20, 2016.
- AULER, A.; RUBBIOLI, E. L.; BRANDI, R. **As grandes cavernas do Brasil**. Belo Horizonte: Rona Editora, 2001.
- AVILLA, L. S. *et al.* The northern most record of *Catagonus stenocephalus* (Lund in Reinhardt, 1880) (Mammalia, Certatiodactyla) and its palaeoenvironmental and palaeobiogeographical significance. **Journal of South American Earth Sciences**, n. 42, p. 39-46, 2013.
- AZEVEDO, A. L. **Terra de Gigantes: cavernas do Tocantins guardam tesouros em fósseis de ursos e outros animais da Idade do Gelo**. 26 fev. 2013. Disponível em:

<https://oglobo.globo.com/saude/ciencia/terra-de-gigantes-7671378>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BAKALOWICZ, M. Karst groundwater: a challenge for new resources. **Hydrogeology journal**, v. 13, p. 148-160, 2005.

BAPTISTA, G. M. de M. **Fundamentos de sensoriamento remoto**. 2021. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.15087123>. Acesso em: 12 ago. 2021.

BARBOSA, E. F. da F. de M.; FÉLIX, R. A.; NUNES, E. F. S. A bacia hidrográfica como unidade de estudo de educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação, Cultura e Linguagem (RBECL/UEMS)**, Campo Grande, v. 3, n. 2, p. 24-48, 2018.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com aplicações de geotecnologias. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 24, n. 1, p. 143-156, jan./abr. 2012.

BARROS, J. de S.; BERNARD, E.; FERREIRA, R. L. An exceptionally high bat species richness in a cave conservation hotspot in central Brazil. **Acta Chiropterologica**, v. 23, n. 1, p. 233-245, jun. 2021.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BEZERRA, F. G. S. *et al.* Spatio-temporal analysis of dynamics and future scenarios of anthropic pressure on biomes in Brazil. **Ecological Indicators**, v. 37, n. 749, p. 108-114, 2022.

BIANCHI, C. A.; HAIG, S. M. Deforestation trends of tropical dry forests in Central Brazil. **Biotropica**, v. 45, n. 3 p. 395-400, 2013.

BICHUETTE, M. E. Ecologia de peixes de riachos de cavernas e outros habitats subterrâneos. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 2, p. 620-641, 2021.

BGR Productcenter. **World Karst Aquifer Map (WHYMAP WOKAM)**. 2019. Disponível em: https://www.whymap.org/whymap/EN/Maps_Data/Wokam/wokam_node_en.html. Acesso em: 10 dez. 2020.

BOSCOLO, D.; FERREIRA, P. A.; LOPES, L. E. Da matriz à matiz: em busca de uma abordagem funcional na Ecologia de Paisagens. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 157-187, 2016.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; GUIOMAR, N. Padrões da paisagem. *In*: RIBEIRO, S. M. C. *et al.* (org.). **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p. 83-112. v. 1.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; RIBEIRO, S. C. Análise de Padrões. *In*: RIBEIRO, S. M. C. *et al.* (org.). **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p. 223-263. v. 1.

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Carta Geológica Folha SD-23 Brasília**. Escala 1:1.000.000. 2004.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD-23. Rio de Janeiro, 1982.
- BRAZ, A. M. *et al.* Cluster Analysis for Landscape Typology. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, p. 1-17, 2020.
- BREUNING, F. M. *et al.* Reflexões sobre as geotecnologias no contexto da geografia no Brasil. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 185-198, jun. 2019.
- BRINKMANN, R.; PARISE, M. Karst environments: problems, management, human impacts and Sustainability. On Introduction to the special issue. **Journal of Cave and Karst Studies**, p. 135-136, 2012.
- BUCHMANN, R. *et al.* Mamíferos fósseis do quaternário da Gruta Tacho de Ouro, Tocantins, Norte do Brasil: diversidade, tafonomia e aspectos paleoicnológicos e paleoambientais. **Rev. Bras. Paleont.**, v. 20, n. 2, p. 203-218, maio/ago. 2017.
- CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da Alta Bacia do Rio Araguaia na Savana Brasileira. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 675-690, out./dez. 2010.
- CALEGARI, L. *et al.* Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 871-880, 2010.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios básicos em geoprocessamento. *In*: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (org.). **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3-11.
- CAMPOS, J. E.; DARDENNE, M. A. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 283-294, set. 1997.
- CANEDO, G. S.; RODRIGUES, H. S. M. de C.; FARIA, K. M. S. de. Dinâmica histórica do uso da terra no bioma Cerrado: implicações ambientais na sub-bacia do rio Caiapó (GO). **Rev. Gestão e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 9, n. 4, p. 801-824, out/dez. 2020.
- CANEDOLI, C. *et al.* Integrating landscape ecology and the assessment of ecosystem services in the study of karst areas. **Landscape Ecology**, v. 37, p. 347-365, 2022.
- CARDOSO, R. C.; FERREIRA, R. L.; SOUZA-SILVA, M. Priorities for cave fauna conservation in the Iuiú karst landscape, northeastern Brazil: a threatened spot of troglobitic species diversity. **Biodiversity and Conservation**, 30, p. 1433-1455, 2021.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A. de.; HERMUCHE, P. M.; GUIMARÃES, R. F. Identificação regional da floresta estacional decidual na bacia do rio Paranã a partir da

análise multitemporal de imagens MODIS. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 24, n. 3, p. 319-332, 2006.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. de *et al.* Ambientes cársticos. *In*: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.

CASTRO, M. C. *et al.* The armadillo *Propraopus sulcatus* (Mammalia: Xenarthra) from the late Quaternary of Northern Brazil and a revised synonymy with *Propraopus grandis*. **Quaternary International**, 317, p. 80-87, 2013.

CAVALCANTE, J. da C. *et al.* Fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia do rio Mocajuba – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 3, p. 1417-1433, 2022.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

CAVALCANTI, L. C. de S.; CORRÊA, A. C. de B.; ARAÚJO FILHO, J. C. de. Fundamentos para o mapeamento de geossistemas: uma atualização conceitual. **Geografia**, Rio Claro, v. 35, n. 3, p. 539-551, set./dez. 2010.

CAVALCANTI, L. C. de S.; CORRÊA, A. C. de B. Geossistemas e Geografia do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 3-33, jul./dez. 2016.

CAVALCANTI, L. C. de S. Geossistemas de Curaçá, Bahia. **Clio Arqueológica**, v. 32, n. 3, p. 61-87, 2017.

CAVALCANTI, L. **O que são Geossistemas?** 2013. Disponível em: <http://cartadepaisagem.blogspot.com/2013/12/o-que-sao-geossistemas.html>. Acesso em: 28 dez. 2020.

CAVALCANTI, T. B. Conservation. *In*: CAVALCANTI, T. B. The Genus *Diplusodon* (Lythraceae). **Flora Neotropica**, v. 122, p. 87-90, 2021.

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Anuário Estatístico do Patrimônio Espeleológico Brasileiro 2022**. Ano 5, n. 5. Brasília: ICMBio, 2023.

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Áreas de ocorrência de cavernas do Brasil**. 2011. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/projetos-e-atividades/provincias-espeleologicas.html>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas. **Áreas prioritárias para a conservação do Patrimônio Espeleológico**. 2018. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/stories/Areas_Prioritarias_Patrimonio_Espeleologico_2018.pdf. Acesso em: 1 jun. 2020.

CECAV – Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas.

Geoespacialização das Cavidades Naturais Subterrâneas. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cecav/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/canie>. Acesso em: 10 jan. 2023.

CEMIN, G.; DUCATI, J. R. Análise temporal das mudanças na paisagem de Mata Atlântica do município de Caxias do Sul-RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 67/7, p. 1479-1493, 2015.

CERRADO DPAT. Cerrado Deforestation Polygon Assessment Tool. **Desmatamento-PRODES-Cerrado (2002-2020)**. 2020a. Disponível em: <https://cerradodpat.ufg.br/#/plataforma>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CERRADO DPAT. Cerrado Deforestation Polygon Assessment Tool. **Queimadas – INPE (2015-2019)**. 2020b. Disponível em: <https://cerradodpat.ufg.br/#/plataforma>. Acesso em: 9 jan. 2023.

CHAVES, A. M. S.; SOUZA, R. M. e. Paisagens e interfaces geológicas para o planejamento ambiental. *In*: SOUZA, R. M. e; CHAVES, A. M. S.; NASCIMENTO, S. P. G. do (org.). **Geocologia e paisagem**: enfoques teórico-metodológicos e abordagens aplicadas. Aracaju: Criação Editora, 2021. p. 29-52. v. 1.

CHRISTMAN, M. C.; CULVER, D. C. The relationship between cave biodiversity and available habitat. **Journal of Biogeography, Oxford**, v.3, n. 28, p. 367-380, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.

CIGNA, A. A. Show cave development with special references to active caves. **Tourism and Karst Areas**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 7-16, 2011.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica: comportamento hidrológico e erosivo das bacias de drenagem. *In*: SANTOS, R. F. dos. (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 59-74.

COELHO, V. H. R. *et al.* Dinâmica de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014.

COLLICCHIO, E. *et al.* Aspectos gerais, uso da terra e potencialidades do Tocantins para a produção agrícola. *In*: COLLICCHIO, E.; ROCHA, H. R. (org.). **Agricultura e mudanças do clima no estado do Tocantins**: vulnerabilidades, projeções e desenvolvimento. Palmas: EdUFT, 2022. p. 19-50.

COLLINGE, S. K. **Ecology of fragmented landscapes**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2009.

- COSTA, F. R. da; SOUZA, R. F. de; SILVA, S. M. P. da. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – RN. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 3, set./dez. 2016.
- COXON, C. Agriculture and karst. *In*: VAN BEYNEN, P. E. **Karst Management**. New York: Springer, 2011. p. 103-138.
- CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, jun. 2001.
- CRUZ, J. B. Apresentação. *In*: TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica**. Brasília: ICMBio, 2019.
- CULVER, D. C.; PIPAN, T. **The biology of caves and other subterranean habitats**. Oxford: Oxford University Press, 2009.
- DALBEM, R. P. *et al.* Delimitação das unidades de paisagem: conceito e métodos aplicados ao município de Paranaguá/PR/Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., São Paulo, **Anais** [...]. São Paulo: USP, set. 2005. p. 3429-3438.
- DANTAS, M. E. *et al.* Origem das paisagens do estado do Tocantins. 2019. *In*: ROCHA, M. G. (org.). **Geodiversidade do estado do Tocantins**. Goiânia: CPRM, 2019. p. 47-84.
- DASKALOVA, G. N. *et al.* Landscape-scale forest loss as a catalyst of population and biodiversity change. **Science**, v. 368, p. 1341-1347, 2020.
- DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. A fragmentação da paisagem. *In*: OLIVEIRA, A.A. de.; DALY, D. (org.). **Florestas do Rio Negro**. São Paulo: Companhia das Letras: UNIP, 2001. p. 285-301.
- DE WAELE, J. *et al.* Geomorphology and natural hazards in karst areas: A review. **Geomorphology**, v. 134, p. 1-8, 2011.
- DORNAS, T. *et al.* Geophagy in Pfrimer's parakeet (*Pyrrhura pfrimeri*) a critically threatened and endemic parakeet of dry forests in Central Brazil. **Ornitología Neotropical**, v. 27, p. 247-251, 2016.
- DORNAS, T. *et al.* Proposta de alteração dos nomes vernáculos técnicos em português e inglês de duas aves endêmicas do Brasil: *Pyrrhura pfrimeri* (Psittaciformes: psittacidae) e *Celeus obrieni* (Piciformes: Picidae). **Atualidades Ornitológicas**, n. 196, p. 8-13, abr./mar. 2017.
- DORNAS, T. *et al.* Unidades de conservação na proteção da tiriba-do-paraná, *Pyrrhura pfrimeri* (Aves: psittacidae) nas paisagens cársticas da bacia do rio Paranã. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 16, n. 3, p. 1-14, 2022.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Esquema simplificado das principais fitofisionomias do Cerrado**. 2022. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado>. Acesso em: 1 out. 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS*, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula** [...]. Rio de Janeiro, 1979.

ESQUERDO, J. C. D. M. *et al.* Tecnologias da informação aplicados aos dados geoespaciais. *In: MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. (ed.). Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília: Embrapa, 2014. p. 139-156.

ETTO, T. L. *et al.* Ecologia da Paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras – Campinas – SP. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 1063-1071, 2013.

FAHRIG, L. Effects of habitation fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, n. 34, p. 487-515, 2003.

FARIA, K. M. S. de. **Paisagens fragmentadas e viabilidades de recuperação para a sub-bacia do rio Claro (GO)**. 2011. 194 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FARIA, K. M. S. de; PESSOA, M. A.; SILVA, E. V. da. Geoecologia da Paisagem: uma análise cienciométrica da sua produção científica no Brasil (1990-2019). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. 1-13, 2021.

FARIA, K. M. S. de; SANTOS, R. A. dos. Análise espacial da densidade de fragmentos remanescentes e da estrutura da paisagem na sub-bacia do rio Caiapó-GO. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 10, n. 2, p. 115-127, 2016.

FARIA, K. M. S. de; SILVA, E. V. da. Dinâmica das paisagens antropogênicas na microrregião do vão do Paranã (GO). **Rev. Geogr. Acadêmica**, v. 14, n. 2, p. 141-152, 2020.

FARIAS, J. F. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Palmeira-Ceará/Brasil**. 2015. 222 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

FAVRETTO, A. Checking vegetation changes with remote sensing: the case of the Trieste province (North-East Italy). **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, n. 11, p. 1-10, 2018.

FELFILI, J. M. *et al.* Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 375-385, 2007.

FELIX, S. *et al.* Bat assemblage in a karstic area from Northern Brazil: seven new occurrences for Tocantins state, including the first record of *Glyphonycteris sylvestris* Thomas, 1986 for the Cerrado. **Check List**, v.12, n. 6, p. 1-13, nov. 2016.

FENG, S. *et al.* Forestation does not necessarily reduce soil erosion in a karst watershed in southwestern China. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 45, n. 1, p. 82-97, 2021.

FERNANDES, M. M. *et al.* Fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 32, n.3, p. 1227-1246, jul./set. 2022.

FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M. Análise espacial da fragmentação florestal da bacia do rio Ubá-RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1429-1439, 2017.

FERNANDES, W. A. A.; PIMENTEL, M. A. da S. Dinâmica da paisagem no entorno da RESEX marinha de São João da Ponta/PA: utilização de métricas e geoprocessamento. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 20, n. 72, p. 326-344, 2019.

FERREIRA, C. F. **Análise dos impactos ambientais em terrenos cársticos e cavernas**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 2013.

FERREIRA, N. C. **Apostila de Sistema de Informação Geográfica**. 2006. Disponível em: http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf. Acesso em: 23 nov. 2021.

FERREIRA, R. L.; PROUS, X.; MARTINS, R. P. Structure of bat guano communities in a dry Brazilian cave. **Tropical Zoology**, Firenze, v. 20, n. 1, p. 55-74, 2007.

FERREIRA, Z. A. **Diagnóstico físico-conservacionista do ambiente cárstico da Bacia do Córrego Cana-Brava, Aurora do Tocantins-TO**. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2015.

FERREIRA, Z. A.; MORAIS, F. Diagnóstico físico-conservacionista do ambiente cárstico da Bacia do Córrego Cana-Brava, Aurora do Tocantins (TO, Brasil). **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 50, p. 244-278, 2017.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FONTANA, A.; BALIEIRO, F. de C.; PEREIRA, M. G. **Pôster Classes de Solos do Brasil: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em: 3 mar. 2021.

- FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. **Karst hidrology and geomorphology**. United Kingdom: Wiley, 2007.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley, 1986.
- FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- FRANÇOSO, R. D. *et al.* Habitat loss and effectiveness of protected areas in the Cerrado biodiversity hotspot. **Natureza e Conservação**, I3, p. 35-40, 2015.
- FREIRES, E. V. *et al.* Comparação de imagens OLI/Landsat 8 e MSI Sentinel-2 no mapeamento de cobertura e uso da terra no maciço de Uruburetama, Ceará. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 4, p. 427-442, 2019.
- FREITAS, A. *et al.* First quaternary brazilian cave pollen record: morphological descriptions, taxonomic and ecological data. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 23, n. 1, p. 32-47, jan./mar. 2020.
- GAMS, I. Origin of the term “Karst” and the transformation of the classical Karst (kras). **Environmental Geology**, 21, p. 110-114, 1993.
- GANEM, R. S. **As cavidades naturais subterrâneas e o Decreto nº 6.640/2008**. Brasília: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2009.
- GARCÍA-RIVERO, A. E. *et al.* A Cartografia das Paisagens com Sistemas de Informação Geográfica como base para o diagnóstico geocológico da Bacia Hidrográfica do Rio Ariguanabo (Cuba). **Revista da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 15, n. 27, p. 169-194, maio/jun. 2019.
- GIL, R. da S. **Empreendimentos hidrelétricos no estado do Tocantins e a qualidade dos estudos de licenciamento ambiental**. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2012.
- GILLIESON, D. **Caves: processes, development, management**. Oxford: Clackwell Publishers, 1996.
- GILLIESON, D.; THURGATE, M. Karst and agriculture in Australia. **International Journal of Speleology**, v. 28, n. 1, p. 149-168, 1999.
- GOLDSCHIEDER, N. A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. **Carbonates Evaporites**, n. 34, p. 1241-1249, 2019.
- GOLDSCHIEDER, N. *et al.* Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. **Hidrogeology Journal**, v. 28, p. 1661-1677, 2020.
- GOMES, M.; RUCHKYS, U. de A. Geoscapes: a Ecologia da Paisagem no âmbito dos estudos sobre Patrimônio Espeleológico em geossistemas ferruginosos. *In*: RIBEIRO,

S. M. C. *et al.* (org.). **Ecologia da Paisagem no contexto luso-brasileiro**. Curitiba: Appris, 2021. p. 215-233. v. 2.

GONÇALVES, A. B. C.; COSTA, F. do S. G.; ARAÚJO, M. J. A. de. **Sistemas de Unidades de Conservação do Tocantins completa 17 anos**. 2022. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/sistema-de-unidades-de-conservacao-do-tocantins-completa-17-anos/>. Acesso em: 10 out. 2023.

GONG, X. *et al.* Quantitative assessment of the contributions of climate change and human activities on vegetation degradation and restoration in typical ecologically fragile areas of China. **Ecological Indicators**, 144, 2022.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GUIMARÃES, M. M.; FERREIRA, R. L. Morcegos cavernícolas do Brasil: novos registros e desafios para a conservação. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 2, n. 4, p. 1-33, 2014.

GUO, X. *et al.* Factors influencing four decades of forest change in Guizhou Province, China. **Land**, 2023.

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on earth's ecosystems. **Science advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

HARDT, R. Sistema cárstico e impactos antrópicos: considerações sobre o manejo. *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1., 2008, Rio Claro. **Anais [...]**. São Paulo: UNESP, 2008. p. 1295-1309.

HOU, W.; GAO, J. Spatially variable relationships between karst landscape pattern and vegetation activities. **Remote Sensing**, v. 12, n. 1134, p. 2-16, 2020.

HSIOU, A. S. *et al.* Dados preliminares sobre os lagartos e serpentes (LEPIDOSAURIA, SQUAMATA) do Pleistoceno final da região de Aurora do Tocantins, Província Espeleológica do Grupo Bambuí, Tocantins, Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 32., 2013, Barreiras-BA. **Anais [...]**. Barreiras: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2013. p. 427-431.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pirineus, visto pelo Sistema de Informação Geográfica**. Brasília: IBAMA, 2005. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/atlasCECPP-SIG.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2023.

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Caderno de estudo: introdução à geotecnologia**. Rio de Janeiro: IBAM, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000 e 2010 do município de Aurora do Tocantins**. 2010a. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/aurora-do-tocantins/panorama>. Acesso em: 27 jun. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2000 e 2010 do município de Taguatinga**. 2010b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/taguatinga/panorama>. Acesso em: 27 jun. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2022 do município de Aurora do Tocantins**. 2022a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/aurora-do-tocantins/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2022 do município de Taguatinga**. 2022b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/taguatinga/panorama>. Acesso em: 10 ago. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados do município de Aurora do Tocantins**. 2020a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/aurora-do-tocantins.html>. Acesso em: 10 dez. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados do município de Taguatinga**. 2020b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/to/taguatinga.html>. Acesso em: 10 dez. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações ambientais: geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação**. 2020c. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 25 fev. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal**. 2020d. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 1 mar. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 3 mar. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf. Acesso em: 3 mar. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=281615&view=detalhes>. Acesso em: 27 mar. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola do município de Aurora do Tocantins**. 2021a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/aurora-do-tocantins/panorama>. Acesso em: 27 jun. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola do município de Taguatinga**. 2021b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/taguatinga/panorama>. Acesso em: 27 jun. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Pesquisa da Pecuária Municipal – ano 1985, 2000, 2015 e 2020**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 14 abr. 2022.

INGLIS, P. W.; CAVALCANTI, T. B. A molecular phylogeny of the genus *Diplusodon* (Lythraceae) endemic to the campos rupestres and cerrados of South America. **Taxon**, v. 67, n. 1, p. 66-82, 2018.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil, 1991-2020**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais#>. Acesso em: 28 jan. 2023.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens do satélite CBERS 4A**. 2020. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em: 25 out. 2022.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 30 jun. 2020.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Cadastro de sítios arqueológicos**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/iphan/pt-br/patrimonio-cultural/patrimonio-arqueologico/cadastro-de-sitios-arqueologicos>. Acesso: 6 jan. 2023.

IUCN, International Union for Conservation of Nature. 2021. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2023-1. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>. Acesso em: 15 de mar. 2024.

IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 291-304, 2000.

JARBAS, T. *et al.* **Cambissolos**. 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3o02wx5ok0wtedt3n5subswf.html. Acesso em: 25 mar. 2021.

JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective**. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, Inc., 1996.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Distribuição das rochas carbonáticas e províncias espeleológicas do Brasil. **Espelo-tema (SBE)**, boletim informativo, n. 13, p. 106-167, 1979.

KARMANN, I.; SÁNCHEZ, L. E. Speleological provinces in Brazil. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 9., 1986, Barcelona-Espanha. **Anais** [...]. ago. 1986. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315112047_Speleological_Provinces_in_Brazil/link/58caae264585155fdcf0c2d/download. Acesso em: 14 dez. 2020.

KAWAKUBO F. S. *et al.* Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, São José dos Campos. **Anais** [...]. Goiânia: INPE, 2005. p. 2203-2210.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 5, n. 1, 2005.

KOHLER, H. C. Geomorfologia Cárstica. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2021. p. 309-334.

KOVARIK, J. L.; VAN BEYNEN, P. E. Application of the Karst Disturbance Index as a raster-based model in a developing country. **Applied Geography**, n. 63, p. 396-407, 2015.

LAMEIRA, W. J. de M. **Mapeamento das unidades ambientais da bacia do rio Buquira-SP: um estudo integrado**. 2009. 111 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Trad. Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Chaves de Interpretação – MapBiomias**. 2021. Disponível em: <https://chave.lapig.iesa.ufg.br/pt/>. Acesso em: 30 jul. 2021.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, dez. 2012.

LEITE, L. C. O. F.; ROCHA, C. H. B. Monitoramento da alteração da paisagem Florestal entre 2004 e 2018 no município de Juiz de Fora, MG - Brasil. **Geofronter**, Campo Grande, v. 6, n. 6, p. 1-20, 2020.

LENHARE, B. D.; SALLUN FILHO, W.; MOREIRA, C. A. Land use analysis in karst regions of southeastern São Paulo state. **Espeleo-Tema**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 181-193, 2019.

LIDING, C. *et al.* Pattern analysis in landscape ecology: progress, challenges and outlook. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, n. 11, p. 5521-5531, 2008.

LIMA, G. S. A. de.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Qualidade da paisagem e perdas de solo frente à simulação de cenários ambientais no Cerrado, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, v. 32, p. 426-439, 2020.

LIMA, P. S. **Paisagem geomorfológica e potencial geoturístico do carste de Natividade e Chapada da Natividade, Sudeste do Tocantins**. 2021. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2021.

LIU, D. *et al.* Effects of land use classification on landscape metrics based on remote sensing and GIS. **Environ. Earth Sci**, v. 68, p. 2229-2237, 2013.

LOBO, H. A. S. *et al.* Potencial geoturístico da paisagem cárstica. **Global Tourism**, v. 3, n. 2, p. 1-21, nov. 2007.

LONGLEY, P. A. *et al.* **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda., 2013.

LOPES, A. R. S. A natureza do risco: paisagem e risco na análise dos desastres socioambientais. **Revista Esboços**, Florianópolis, v. 20, n. 30, p. 52-66, dez. 2013.

LUIZ, C. H. P.; FARIA, S. D.; ESCADA, M. I. Modelagem da expansão do reflorestamento com eucalipto e efeitos na estrutura da paisagem. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, e18019, p. 1-23, 2019.

LUNGUI, E.; MANENTI, R. FICETOLA, G. F. Caves features, seasonality and subterranean distribution of non-obligate cave dwellers. **PeerJ**, v. 5, e3169, 2017.

MACEDO, J. **Imagem do Poço dos Amores – Taguatinga, Tocantins**. 2022. Disponível em: <https://maps.google.com/maps/contrib/101156431569485350480>. Acesso em: 6 jan. 2023.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e Território**, Natal, v. 23, n. 2, p. 159-177, jul./dez. 2011.

MALDONADO, V. *et al.* Taphonomic aspects of deer (Mammalia, Cetartiodactyla, Cervidae) remains from a quaternary cave deposit in Northern Brazil. **Journal of Sedimentary Environments**, v. 1, n. 2, p. 228-241, Apr./Jun. 2016.

MAMMOLA, S. *et al.* Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. **BioScience**, v. 69, n. 8, p. 641-650, 2019.

MANTOVANI, W.; SANTOS, R. F. dos. Vegetação, vulnerabilidade e qualidade ambiental. In: SANTOS, R. F. dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 143-164.

MARTINELLI, M.; PEDROTTI, F. A cartografia das unidades de paisagem: questões metodológicas. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 39-46, 2001.

MARTINEZ-GRAÑA, A. M. *et al.* Geomorphology applied to landscape analysis for planning and management of natural spaces. Case study: Las Batuecas-S. de Francia and Quilamas natural parks (Salamanca, Spain). **Science of the Total Environment**, p. 175-188, 2017.

MARTINS, E. S. *et al.* **Ecologia de paisagem**: conceitos e aplicações potenciais no Brasil. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/569511/1/doc121.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

MARTINS, M. M. **Imagem da Cidade dos Totens, Aurora do Tocantins, Tocantins**. 2022. Disponível em: <https://lh3.googleusercontent.com/p/AF1QipOiVPER6kepgBmQa67w3gcDyGB06Uys hCOWXA2S=s1360-w1360-h1020>. Acesso em: 6 jan. 2023.

MASCARENHAS, H. G. B.; FARIA, K. M. S. de. Dinâmica da paisagem e relações com o uso do solo e fragmentação da cobertura vegetal no município de Flores de Goiás (GO) entre 1985 e 2017. **Elisée, Rev. Geo.**, Porangatu, v. 7, n. 2, p. 115-135, jul./dez. 2018.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U. S. Forest Service General Technical Report PNW: 351. Portland: OR USA, 1995.

MEDEIROS, C. B.; PIRES, F. Bancos de dados e Sistemas de Informações Geográficas. *In*: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (org.). **Sistemas de Informações Geográficas**: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 31-45.

MEDEIROS, R. B.; ALVES, L. B. O uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Bonito, Mato Grosso do Sul. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 3, n. 43, p. 224-247, set./dez. 2021.

MEDEIROS, R. B.; CHÁVEZ, E. S. Estado geocológico das paisagens da bacia hidrográfica do córrego Formosinho, Bonito/MS-Brasil: bases para a gestão territorial. **Geofronter**, Campo Grande, v. 7, p. 1-26, 2021.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; ALVES, L. B. Evolução do uso e cobertura das terras e seus impactos na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do córrego Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Finisterra**, v. LVI, n. 117, p. 215-236, 2021.

MELO, P. H. A. de; PIVARI, M. O. D. A vegetação da região cárstica de Pains. *In*: PILO, L. B.; CRUZ, J. B. (org.). **A região cárstica de Pains**. Brasília: ICMBio, 2022. p. 81-101.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Aritmética de bandas. *In*: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. p. 138-153.

MENESES, P. R. Prefácio. *In*: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998.

METZGER, J. P. *et al.* Why Brazil needs its Legal Reserves. **Perspectives in Ecology and Conservation**, n. 17, p. 91-103, 2019.

METZGER, J. P. **O que é Ecologia de Paisagens?** 2001. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>. Acesso em: 1 jun. 2020.

MIRANDA, D. **Novo desmoroamento da Serra Geral, agora em Taguatinga (TO), expõe ação predatória de produtores rurais**. 2022. Disponível em: <https://dinomarmiranda.com.br/novo-desmoroamento-da-serra-geral-agora-em-taguatinga-to-expoe-acao-predatoria-de-produtores-rurais/>. Acesso em: 25 nov. 2022.

MITTERMEIER, R. A. *et al.* Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. *In*: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (ed.). **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 3-22.

MOHAMMADI-BEHZAD, H. R. *et al.* Delineation of groundwater potential zones using remote sensing (RS), geographical information system (GIS) and analytic hierarchy process (AHP) techniques: a case study in the Leylia-Keynow watershed, southwest Iran. **Carbonates and Evaporites**, n. 34, p. 1307-1319, 2019.

MOMOLI, R.S. *et al.* Conservação dos solos e ecoturismo no Parque Estadual da Serra Dourada, Goiás. **Geografia**, Rio Claro, v. 46, n. 1, p. 1-21, 2021.

MONTEIRO, K. de A.; CORRÊA, A. C. de B. A paisagem na Geografia física: uma pequena discussão. **Boletim de Geografia do Vale do São Francisco**, n. 1, v. 1, p. 40-54, jan./jun. 2014.

MOOJEN, J.; LOCKS, M.; LANGGUTH, A. A new species of *Kerodon Cuvier*, 1825 from the state of Goiás, Brazil (Mammalia, Rodentia, Caviidae). **Boletim do Museu Nacional**, Nova Série, Zoologia, 377, p. 1-10, 1997.

MORAIS, F. de. Aspectos gerais da área cárstica de Aurora do Tocantins. Para conhecer a Terra: memórias e notícias de geociências no espaço lusófono. **Imprensa da Universidade de Coimbra**, Coimbra, p. 1-12, 2012.

MORAIS, F. de. Caracterização geomorfológica da região de Aurora do Tocantins, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 2, p. 163-170, abr./jun. 2013.

MORAIS, F. de *et al.* Escassez hídrica e políticas públicas no sudeste do Tocantins. *In*: SCAPIN, E.; DIEL RAMBO, M. K.; SANTOS, M. G. dos (org.). **Água e sustentabilidade na Amazônia**. Palmas: EDUFT, 2019. p. 29-42.

MORAIS, F. de. Panorama da espeleologia no estado do Tocantins. *In*: MORAIS, F. (org.). **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011. p. 87-111.

MOREIRA, T. de J.R.V.; SANTOS, M.R. dos; MOREIRA, A.L. (orgs). **Estatística Básica para cursos de graduação**. Vol. 1. Teresina: EdUESPI, 2021.

MOURA, W. J. **Imagens da Cidade dos Totens – Aurora do Tocantins**. 2022.

MOURA, W. J. **Imagens das pinturas rupestres inscritas na Gruta dos Caldeirões – Taguatinga-TO**. 2023.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Mapa das áreas prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/cerradopantanal.jpg>. Acesso em: 21 set. 2023.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. 2024**. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao/resource/2450dbde-43d8-4693-942a-0456c661059d>. Acesso em: 15 mar. 2024.

MUNDOGEO. **Satélite Landsat 9 já está em órbita para guiar com imagens o futuro da Terra**. 2021. Disponível em: <https://mundogeo.com/2021/10/05/satelite-landsat-9-ja-esta-em-orbita-para-guiar-com-imagens-o-futuro-da-terra/>. Acesso em: 26 nov. 2021.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58-62, 1995.

NATURATINS – Instituto Natureza do Tocantins. **Plano de Ação Territorial para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção do Território Cerrado Tocantins**: Sumário Executivo, 2020.

NEVES, C. E. das *et al.* A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Soc & Nat**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 271-285, maio/ago. 2014.

NOVO, E. M. L. de M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, A. C. C. de A.; SOUZA, R. M. Cenários biofísicos e ordenamento territorial no litoral sul de Sergipe-Brasil. **Revista Equador**, v. 2, n. 2, p. 62-3, jul./dez. 2013.

OLIVEIRA, E. V. *et al.* A new hyladelphine marsupial (Didelphimorphia, Didelphidae) from caves deposits of Northern Brazil. **Zootaxa**, n. 3041, p. 51-62, 2011.

OLIVEIRA, M. de F. Parana (TO): uma cidade fronteira nos caminhos fluviais do Cerrado. **Texto & Debates**, Boa Vista, v. 1, n. 27, p. 67-80, jan./jun. 2015.

OLIVEIRA NETO, M. B. de; SILVA, M. S. L. da. **Gleissolos**. 2006. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2kfhpkns.html#. Acesso em: 25 mar. 2021.

OLIVEIRA, N. M. de. Transição do Norte de Goiás ao território do estado do Tocantins. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 7, n. 12, p. 53-82, 2018.

OLIVEIRA, R. B. de; FARIA, K. M. S. de. Análise multitemporal da dinâmica da paisagem na bacia hidrográfica do rio Tocantinzinho-Goiás. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 81, p. 74-87, 2021.

OLIVEIRA, R. B. de. **Geocologia das Paisagens do Cerrado**: análise das relações socioambientais na bacia hidrográfica do rio Tocantinzinho-GO. 2019. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

OLMOS, F. *et al.* **Avaliação Ecológica Rápida para seleção de áreas prioritárias para conservação, sudoeste/sudeste do Estado do Tocantins**. Palmas: Oikos Pesquisa Aplicada, 2005.

PARDO-IGÚZQUIZA, E. *et al.* Epikarst mapping by remote sensing. **Catena**, v. 165, p. 1-11, 2018.

PARISE, M.; GUNN, J. Natural and anthropogenic hazards in karst areas: an introduction. **Geological Society**, Londres, Issues Publications, 279, p. 1-3, 2007.

PEDRO, E. G. *et al.* IV Expedição Tocantins (BR): rumo ao desconhecido. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 29., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2007. p. 231-237.

PEI, J. *et al.* Analysis of Landsat-8 OLI Imagery of Estimating Exposed Bedrock Fractions in Typical Karst Regions of Southwest China Using a Karst Bare-Rock Index. **Remote Sensing**, v. 10, n. 1321, 2018.

PELLEGRINI, T. G. *et al.* Linking spatial scale dependence of land-use descriptors and invertebrate cave community composition. **Subterranean Biology**, v. 18, p. 17-38, 2016.

PENG, J. *et al.* The role of policies in land use/cover change since the 1970s in ecologically fragile karst areas of southwest China: a case study on the Maotiaohe watershed. **Environmental Science & Policy**, v. 14, p. 408-418, 2011.

PEREIRA, B. A. da S.; VENTUROLI, F.; CARVALHO, F. A. Florestas Estacionais no Cerrado: uma visão geral. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 446-455, jul./dez. 2011.

PEREIRA, B. W. de F. *et al.* Estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-boi com base na fragmentação da vegetação. **Revista Ciência Agrária**, v. 58, n. 2, p. 159-167, abr./jun. 2015.

PEREIRA, H. L.; MORAIS, F. de. Detecção e delimitação de depressões cársticas na bacia do rio Sobrado-TO, a partir de variados modelos digitais de elevação. **Geociências**, Unesp, v. 42, n. 1, p. 97-117, 2023.

PEREIRA, M. C.; VALADÃO, R. C. Instrumentos para gestão territorial e ambiental no Brasil: a proteção do carste em perspectiva. **Boletim Geográfico**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 142-159, 2018.

PILÓ, L. B. Ambientes cársticos de Minas Gerais: valor, fragilidade e impactos ambientais decorrentes da atividade humana. **O Carste**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p. 50-58, 1999.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. **Introdução à Espeleologia**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336831313_Introducao_a_espeleologia/citation/download. Acesso em: 23 abr. 2020.

PILÓ, L. B.; AULER, A. Introdução à Espeleologia. *In*: ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **IV Curso de Espeleologia e Licenciamento Ambiental**. 2013. p.7-24. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/espeleologia/2196-iv-curso-de-espeleologia-e-licenciamento-ambiental>. Acesso em: 1 dez. 2020.

PINTO, P. H. P. **A vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Palma, no estado do Tocantins, Brasil**. 2017. 147 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

PIRES, C.; AVILLA, L.; WEKSLER, M. Fossil cricetid rodents from the Quaternary of Northern Brazil and their paleoenvironmental significance. **Ameghiniana**, 55, p. 162-168, 2018.

PIROVANI, D. B. *et al.* Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do Rio Itapemirim, ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014.

PIVELLO, V. R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. Brasília: MMA/SBF, 2005.

PONCIANO, T. A. **Dinâmica da estrutura da paisagem na microrregião do Vão do Paranã (GO)**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

PONCIANO, T. A. *et al.* Fragmentação da cobertura vegetal e estado das áreas de preservação permanente de canais de drenagem no município de Mineiros, estado de Goiás. **Ambiência**, Guarapuava, v. 11, n. 3, p. 545-561, 2015.

PORTAL AGRITEMPO – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. **Dados imagens TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)**. 2021. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 16 jan. 2022.

PORTAL DE TURISMO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Serras Gerais**. 2021. Disponível em: <https://turismo.to.gov.br/regioes-turisticas/serras-gerais/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 6 mar. 2021.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 set. 2023.

QIAO, Y.; JIANG, Y.; ZHANG, C. Contribution of karst ecological restoration engineering to vegetation greening in southwest China during recente decade. **Ecological Indicators**, n. 121, 107081, 2021.

QUEIROZ FILHO, A. P. de; MARTINELLI, M. Cartografia de Análise e de Síntese na Geografia. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 87, p. 7-44, 2007.

QUEIROZ, T. B. *et al.* Avaliação de desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 569-578, 2017.

RAMÓN PUEBLA, A. M.; SALINAS CHÁVEZ, E.; NOA, R. R. Diseño metodológico para la elaboración de mapas de paisajes con el uso de los SIG: aplicación a la cuenca alta del rio Cauto, Cuba. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)**, Luján, año 1, n. 1, p. 95-108, 2009.

RIBEIRO, F. C. *et al.* Análise sócio-ambiental da região do corredor Paranã-Pirineus – Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 3, p. 103-124, 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (org.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-199. v. 1.

ROCHA-DOS-SANTOS, B. C. de A.; AVILLA, L. dos S.; SCHERER, C. S. The fóssil Camelidae (Mammalia: Cetartiodactyla) from the Gruta do Urso cave, northern Brazil. **Quaternary International**, 436, 2017.

RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of fragments in South Brazil**. 1998. 172 f. Dissertation (D. Phil) – Harvard University, Cambridge, 1998.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, Revista de Geografia da UFC, ano 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 5. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 6. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2022.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; FIGUEIRÓ, A. S. La geoecologia de los paisajes como base teórico-metodológica para incorporar la dimensión tecnológica a la temática ambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, Seção Especial: Técnica e Ambiente, p. 84-103, 2019.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da Geoecologia das Paisagens. *In*: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E. (org.). **Diálogos em geografia física**. Santa Maria: UFSM, 2011. p. 111-125.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental**: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUES, R. M. M. (coord). **Avaliação e diretrizes para o setor mineral do estado do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, 2008. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36108/406547/Diagn%C3%B3stico+do+Setor+Mineral+do+Estado+do+Tocantins.pdf/89b1d563-1f3a-f385-d5ed-38d1bd7f5e03?version=1.0>. Acesso em: 11 fev. 2023.

RODRIGUES, S. *et al.* Late Pleistocene carnivores (Carnivora: Mammalia) from a cave sedimentar deposit in Northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1641-1655, 2014.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2019.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *In*: SYMPOSIUM OF ERTS, 3., 1973, Greenbelt, Maryland. **Anais [...]**. Greenbelt, Maryland, USA, NASA SP-351, 1973. p. 309-317. v. 1.

SAITO, N. S. *et al.* Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. **CERNE**, v. 22, n. 1, p. 11-18, 2016.

SALINAS CHÁVEZ, E. *et al.* Cartografía de los paisajes: teoría y aplicación. **Physis Terrae**, v. 1, n. 1, p. 7-29, 2019.

SALINAS CHÁVEZ, E. *et al.* Delimitación, clasificación y cartografía de los paisajes de la cuenca Ariguanabo, Cuba, mediante el uso de los SIG. **Revista Geográfica**, n. 154, p. 9-30, jul./dez. 2013.

SALINAS CHÁVEZ, E.; RAMÓN PUEBLA, A. M. Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 25, p. 1-19, 2013.

SALINAS CHÁVEZ, E.; RAMÓN PUEBLA, A. M.; TROMBETA, L. R. A. La cartografía de los paisajes y los sistemas de información geográfica: aspectos conceptuales y metodológicos. *In:* DIAS, L. S.; SALINAS CHÁVES, E. (org.). **Cartografia biogeográfica e da paisagem**. Tupã: ANAP, 2019. p. 37-54.

SANGUINETTO, E.; DANIEL, G. de O.; FERREIRA, M. D. Inclusão de áreas de proteção em feições cársticas e inovação minerária no município de Pains, MG. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 40, p. 68-92, jan./jun. 2018.

SANO, E. E. *et al.* Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 54, n. e00138, p. 1-5, 2019.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo – aplicações práticas**. Alegre: CAUFES, 2010.

SANTOS, D. J.; RUCHKYS, U.; GOMES, M. Avaliação multicritério da vulnerabilidade ambiental e natural na identificação de áreas prioritárias para a conservação do Patrimônio Espeleológico. **Pesquisas em turismo e paisagens cársticas**, Campinas, v. 1, n. 7, 2014.

SANTOS, D. J.; RUCHKYS, U. A.; TRAVASSOS, L. E. P. Perfil geoecológico do Parque Nacional da Serra da Gandarela, Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 33, p. 1-10, 2021.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. **Neossolos**. 2006a. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_16_2212200611542.html. Acesso em: 25 mar. 2021.

SANTOS, H. G. dos; ZARONI, M. J. **Nitossolos**. 2006b. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_17_2212200611543.html. Acesso em: 25 mar. 2021.

SANTOS, J. F. C. dos *et al.* Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, 2017.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCARIOT, A. *et al.* Vegetação e flora. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (org.). **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendação de políticas públicas. 2. ed. Brasília: MMA/SBF, 2005. p. 103-123.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **R. Ra'e Ga**, Curitiba, n. 7, p. 79-85, 2003.

SCHNEIDER, K.; CHRISTMAN, M. C.; FAGAN, W. F. The influence of resource subsidies on cave invertebrates: results from an ecosystem-level manipulation experiment. **Ecology**, v. 92, n. 3, p. 765-776, 2011.

SCUSSEL, A. Qual é a ciência envolvida com a informação geográfica? **Revista MundoGEO**, 2015. Disponível em: <https://mundogeo.com/2015/07/30/qual-e-a-ciencia-envolvida-com-a-informacao-geografica/>. Acesso em: 20 nov. 2021.

SEFAZ – Secretaria da Fazenda e Planejamento. Subsecretaria do Planejamento e Orçamento. Superintendência de Planejamento Governamental. Diretoria de Gestão de Informações Territoriais e Socioeconômicas. Gerência de Zoneamento Territorial (GZT). Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. **Elaboração das Cartas Climáticas do Estado do Tocantins**. Palmas: SEFAZ/GZT, 2020.

SEFAZ – Secretaria da Fazenda e Planejamento do Estado do Tocantins. **Unidades de Conservação**. 2019. Disponível em: https://geoportal.to.gov.br/gvsigonline/core/load_public_project/basetematicasudestetocantins/. Acesso em: 12 out. 2023.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Uso atual das terras**: Bacia do Rio Grande, Bahia. Salvador: SEI, 2019. Disponível em: www.sei.ba.gov.br/images/download/sep/sep_102. Acesso em: 6 mar. 2021.

SEMARH-TO – Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Tocantins. **Base vetorial digital temática do CAR (Cadastro Ambiental Rural)**: trecho drenagem. 2015. Disponível em: <https://www.to.gov.br/semarh/base-vetorial-digital-tematica-do-car/1knojozyng4n>. Acesso em: 26 abr. 2021.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. 6. ed. Palmas: SEPLAN, 2012. Disponível em: http://zoneamento.sefaz.to.gov.br/TO_AtlasTocantins2012_1/Atlas_do_Tocantins_2012.pdf. Acesso em: 5 maio 2020.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Áreas de uso legal restrito e potenciais à conservação ambiental**: tabelas e mapas síntese. Palmas: SEPLAN/DEZ (Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico), 2012.

SEPLAN – Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Base de dados geográficos do mapeamento das regiões fitoecológicas e inventário florestal do estado do Tocantins**. Versão 1. Palmas: SEPLAN/DZE (Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico), 2013.

- SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Zoneamento ecológico-econômico**. Diagnóstico da dinâmica social e econômica do estado do Tocantins. Inventário Socioeconômico. Palmas: SEPLAN, 2016.
- SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Perfil socioeconômico dos municípios**: Aurora do Tocantins. 2021a. Disponível em: <https://central.to.gov.br/download/285338>. Acesso em: 25 dez. 2022.
- SEPLAN – Secretaria do Planejamento e Orçamento. **Perfil socioeconômico dos municípios**: Taguatinga. 2021b. Disponível em: <https://central.to.gov.br/download/285045>. Acesso em: 29 maio 2020.
- SILVA, A. L. da.; LONGO, R.M. Ecologia da Paisagem e qualidade ambiental de remanescentes florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Atibaia dentro do município de Campinas-SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 1176-1191, out./dez. 2020.
- SILVA, F. F. da; MORAIS, F. de. Análise multitemporal da cobertura vegetal no entorno de dez cavernas em Aurora do Tocantins – TO. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31., 2011, Ponta Grossa. **Anais [...]**. Ponta Grossa, 2011. p.19-24.
- SILVA, F. F. da; MORAIS, F. de. Índice de perturbações ambientais em áreas cársticas do estado do Tocantins – primeira aplicação no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 3, p. 766-777, 2016.
- SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da Paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, número especial EGAL, p. 1-12, 2011.
- SILVA, E. V. da; RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento e zoneamento das bacias hidrográficas: a Geoecologia das Paisagens como subsídio para uma gestão integrada. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. especial, n. 36, p. 4-17, 2014.
- SILVA, F. G. da. **Perspectivas para a sustentabilidade e o turismo no rio Azuis, Tocantins**. 2019. 264 f. Dissertação (Mestrado em Turismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- SILVA, K. G. da *et al.* Análise da dinâmica espaço-temporal dos fragmentos florestais da sub-bacia hidrográfica do Rio Alegre, ES. **CERNE**, v. 21, n. 2, p. 311-318, 2015.
- SILVA, L.C. do N.; BACANI, V. M. Classificação orientada a objeto (GEOBIA) aplicada à análise das alterações do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio da Prata em Jardim e Bonito – MS. **Geografia**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 5-18, jan./jun. 2017.
- SILVA, L. S. da.; MOREAU, M. S.; DALTRO, U. S. Uso do geoprocessamento para mapeamento do uso e ocupação do solo com ênfase em métricas da paisagem: um

- estudo de caso na bacia hidrográfica do rio Água Branca. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 17, n. 1, p. 33-44, 2020.
- SILVA, M. do S. F. da; SOUZA, R. M. e. Padrões espaciais da fragmentação florestal na Flona do Ibura – Sergipe. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 121-137, set./dez. 2014.
- SILVA, M. L. da. Paisagem e geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica. **Geoambiente online**, Jataí, n. 11, p. 1-23, jul./dez. 2008.
- SILVA, M. R. de S.; FARIAS, J. F. O uso do sensoriamento remoto nos estudos de Geocologia das Paisagens: um estudo de caso sobre o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi – RN. **Revista Equador**, v. 8, n. 2, p. 276-289, 2019.
- SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 66-87, 2014.
- SILVEIRA, E. L. D. Paisagem: um conceito chave em Geografia. *In*: EGAL – ENCONTRO GEOGRÁFICO DA AMÉRICA LATINA, 12. **Anais [...]**. Montivideo, 2009.
- SIQUEIRA, M. N.; CASTRO, S. S.; FARIA, K. M. S. Geografia e Ecologia da Paisagem: pontos para discussão. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 557-566, set./dez. 2013.
- SOBRINHO, T. A. *et al.* Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, jan./fev. 2010.
- SOUSA, A. C. R. C. de. **Análise geocológica como subsídio ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Caldas-GO**. 2021. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Latossolos**. 2006. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 25 mar. 2021.
- SOUZA, J. C. de; MARTINS, P. T. de A.; DRUCIANKI, V. P. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. **Élisée, Rev. Geo**, UEG-Goiás, v. 9, n. 2, p. 1-15, jul./dez. 2020.
- SOUZA, T.; FRANÇA, L.; AULER, A. O Carste – Importância e Fragilidade. SOUZA, T.; AULER, A. (org.). **O Carste de Vazante-Paracatu-Unai**: revelando importâncias, recomendando refúgios. 1. ed. Belo Horizonte: Carste, Ciência e Meio Ambiente, 2018, p. 18-43.
- STEVANATO, M.; COLAVITE, A. P.; PAROLIN, M. A Ecologia da Paisagem nos estudos de fragmentos florestais. **Revista Geonorte**, v. 14, n. 45, p. 1-19, 2023.

- STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0099, 2017.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- TAPPEINER, U. *et al.* How to consider history in landscape ecology: patterns, processes and pathways. **Landscape Ecology**, v. 36, p. 2317-2328, 2021.
- TEIXEIRA, N. F. F. *et al.* Subsídios teórico-metodológicos da Geoecologia das Paisagens ao planejamento ambiental. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 62-71, 2022.
- TIBIRIÇÁ, L. G. Espeleologia e Turismo: um longo caminho para a conservação. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 7, n. 3, p. 134-148, 2013.
- THEILEN-WILLIGE, B. *et al.* Remote Sensing and GIS Contribution to the Investigation of Karst Landscapes in NW Morocco. **Geosciences**, v. 4, p. 50-72, 2014.
- THIAGO, C. R. L.; MAGALHÃES, I. A. L.; SANTOS, A. R. dos. Identificação dos fragmentos florestais potenciais para a delimitação de corredores ecológicos na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES por meio de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 595-612, 2020.
- TIMO, M. B. **Mapeamento geomorfológico da região cárstica do córrego do Cavalo, Piumhi (MG)**. 2014. 113 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica, Belo Horizonte, 2014.
- TIMO, M. B. *et al.* Patrimônio Cárstico e Espeleológico do município de Matozinhos, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 32, n. 72, p. 523-555, 2022.
- TOCANTINS. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Palma**. 2007. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/269425/>. Acesso em: 25 jun. 2020.
- TOGASHI, H. F. Interpretação da paisagem: uma tarefa interdisciplinar. **Cuadernos de Geografia**, Revista Colombiana de Geografia, Bogotá-Colômbia, n. 18, p. 71-81, 2009.
- TOPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, ano 5, n. 10, p. 79-89, 2006.
- TRAJANO, E.; BICHUETTE, M.E. **Biologia Subterrânea**. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2006.
- TRAVASSOS, L. E. P. **Considerações sobre o carste da região de Cordisburgo, Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: Tradição Planalto, 2010.
- TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. **Pesquisas em Turismo e Paisagens Cársticas**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2008.

- TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de carstologia e geomorfologia cárstica**. Brasília: ICMBio, 2019. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/publicacoes/94-principios-de-carstologia-e-geomorfologia-carstica.html>. Acesso em: 10 maio 2020.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- TROMBETA, L. R. A.; SALINAS CHÁVEZ, E.; LEAL, A. C. Aplicações da cartografia de paisagens na unidade de gestão de recursos hídricos Paranapanema – Brasil. *In: ENANPEGE*, 13., 2019, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, 2019. p. 1-12.
- TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. **Landscape ecology in Theory and Practice: Pattern and Process**. New York: Springer, Verlag, 2015. v. 2.
- TURNER, M. G. Landscape Ecology: what is the state of Science? **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 36, p. 319-344, 2005.
- USGS – United States Geological Services. **Landsat Collection 1**. 2019. Disponível em: https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-collection-1?qt-science_support_page_related_con=1#qt-science_support_page_related_con. Acesso em: 5 ago. 2021.
- VAN BEYNEN, P.; BRINKMANN, R.; VAN BEYNEN, K. A Sustainability index for karst environments. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 74, n. 2, p. 221-234, 2012.
- VALENTE, R. de O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP. **Scientia Florestalis**, n. 62, p. 114-129, dez. 2002.
- VAZ-SILVA, W.; VALDUJO, P. H.; POMBAL JR., J. P. New species of the *Rhinella crucifer* group (Anura, Bufonidae) from the Brazilian Cerrado. **Zootaxa**, n. 3265, p. 57-65, 2012.
- VENI, G. *et al.* **Living with karst: a fragile foundation**. Environmental Awareness Series 4. American Geological Institute, 2001.
- VESTENA, L. R.; KOBIYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. Considerações sobre a gestão ambiental em áreas cársticas. **RAEGA - O espaço geográfico em análise**, v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.
- VIDAL, M. R. *et al.* Temas e temáticas para zoneamento de sistemas cársticos na Amazônia Oriental – Brasil. **Revista Casa da Geografia de Sobral**, v. 21, n. 3, p. 97-115, dez. 2019.
- VIEIRA, R. R. S. *et al.* Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Diversity and Distributions**, v. 24, p. 434-438, 2018.
- VILLA NOVA, P. AVILLA, L. dos S.; OLIVEIRA, E. V. Didelphidae marsupials (Mammalia, Didelphimorphia) from the Late Pleistocene deposit of the Gruta dos Moura cave, northern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 193-208, 2015.

VILLELA, F. N. J.; NOGUEIRA, C. Geologia e geomorfologia estação ecológica Serra Geral do Tocantins. **Biota Neotrop.**, v. 1, n. 1, p. 217-229, 2011.

VOLOTÃO, C. F. de S. **Trabalho de análise espacial métricas do Fragstats**. São José dos Campos: INPE, 1998.

WATSON, J. *et al.* (org.). **Guidelines for Cave and Karst Protection**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 1997.

WILSON, M. C. *et al.* Habitat fragmentation and biodiversity conservation: key findings and future challenges. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 219-227, 2016.

WU, L.; ZHOU, J.; XIE, B. Comparative analysis of temporal-spatial variation on Mountain-Flatland landscape pattern in karst mountainous areas of Southwest China: a case study of Yuxi City. **Land** **2023**, v. 12, n. 435, p. 1-17, 2023.

YU, H. *et al.* Landscape ecology development supported by geospatial technologies: a review. **Ecological Informatics**, v. 51, p. 185-192, 2019.

ZACHARIAS, A. A. As categorias de análise da cartografia no mapeamento e síntese da paisagem. **Revista Geografia e Pesquisa**, v. 2, n. 1, p. 33-56, jan./jun. 2008.

ZAMPAULO, R. de A.; SIMÕES, M. H. História e evolução do conhecimento sobre a fauna cavernícola do Brasil. *In*: ZAMPAULO, R. A.; PROUS, X. (org.). **Fauna cavernícola do Brasil**. Belo Horizonte: Editora Rupestre, 2022. p. 23-58.

ZAMPAULO, R. de A.; FERREIRA, R. L. Diversidade de invertebrados terrestres cavernícolas em nove cavidades naturais no município de Aurora do Tocantins (TO). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. **Anais [...]**. Montes Claros, 2009, p. 267-274.

ZANOTTA, D.; ZORTEA, M.; FERREIRA, M. P. Processamento de imagens de satélite. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. dos. **Cambissolos**. 2006. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_8_2212200611538.html. Acesso em: 25 mar. 2021.

ZHANG, C. *et al.* The application of geospatial techniques in monitoring karst vegetation recovery in southwest China: a review. **Progress in Physical Geography**, v. 41, n. 4, p. 450-477, 2017.

ZOU, L.; WANG, J.; BAI, M. Assessing spatial-temporal heterogeneity of China's landscape fragmentation in 1980-2020. **Ecological Indicators**, v. 136, 108654, p. 1-11, 2022.

ZYV, Y.; DAVIDOWITZ, G. When landscape ecology meets physiology effects on habitat fragmentation on resource allocation trade-offs. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 137, 2019.

APÊNDICES

**APÊNDICE A – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 3_2**

Tabela 12 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	16,02	5	6	1,33	6,48	734,63
Formação Florestal	75,42	23,57	17	1,50	32,04	116,35
Formação Savânica	225,9	70,61	8	1,77	165,24	78,54
Solo Exposto	2,56	0,82	1	1,33	1,17	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 13 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	3,96	1,24	2	1,48	0,54	1462,63
Formação Florestal	50,22	15,70	19	1,40	18,45	145,36
Formação Savânica	262,08	81,92	5	1,85	205,56	61,41
Solo Exposto	3,64	1,14	2	1,31	135	192,09

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 14 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 3_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	6	16	5	2	19	3
10 a 50 ha	-	1	1	-	-	1
50 a 100 ha	-	-	1	-	-	-
> 100 ha	-	-	1	-	-	1
Total	6	17	8	2	19	5

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 15 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 3_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	2,67	0,18	8,37	1,98	1,17	2,79
Formação Florestal	4,43	0,18	11,79	2,64	0,27	9,27
Formação Savânica	28,23	0,09	120,69	52,41	0,36	226,08

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

APÊNDICE B – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE GEOECOLÓGICA 5

Tabela 16 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	22,77	6,27	3	1,77	9,99	552,41
Pastagem	9,51	2,62	6	1,42	2,52	320,70
Formação Savânica	331,02	91,11	2	2,11	279,63	67,08

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 17 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	0,18	0,05	1	1	0	-
Formação Florestal	13,68	3,76	6	1,40	3,96	396,81
Pastagem	153,33	42,21	10	1,45	108,54	172,14
Formação Savânica	196,11	53,98	4	2,03	149,40	287,38

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 18 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 5 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	2	1	-	5	-
10 a 50 ha	-	1	-	-	1	2
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	2
> 100 ha	-	-	1	-	-	-
Total	-	3	2	-	6	4

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 19 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 5 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	7,59	2,25	12,42	2,28	0,09	10,62
Formação Savânica	165,51	0,09	330,93	49,03	12,51	94,14

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE C – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 7_2**

Tabela 20 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	1,53	0,02	1	1,33	0,18	-
Formação Campestre	802,08	11,67	36	1,74	557,19	154,81
Formação Florestal	989,28	14,39	42	1,94	653,49	306,41
Pastagem	167,18	2,44	18	1,45	101,52	413,20
Formação Savânica	4688,19	68,20	37	1,73	4026,96	104,29
Solo Exposto	225,14	3,28	20	2,16	101,34	417,52

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 21 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	8,91	0,13	3	1,68	2,52	2020,54
Área Urbana	3,25	0,05	1	1,54	1,35	-
Formação Campestre	105,03	1,53	11	1,54	62,37	756,51
Formação Florestal	846,18	12,31	37	1,82	583,56	303,02
Pastagem	2826,71	41,12	68	1,90	2056,68	112,20
Formação Savânica	3017,52	43,90	45	2,13	2304,18	135,50
Solo Exposto	65,8	0,96	14	1,85	19,89	774,65

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 22 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 7_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	26	26	27	7	28	24
10 a 50 ha	5	12	9	4	5	15
50 a 100 ha	4	2	-	-	1	1
> 100 ha	1	2	1	-	3	5
Total	36	42	37	11	37	45

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 23 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geocológica 7_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	22,28	0,09	315,63	9,55	0,09	37,89
Formação Florestal	23,55	0,09	348,75	22,87	0,18	298,71
Formação Savânica	126,70	0,09	4.363,83	67,06	0,09	1.578,87

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

APÊNDICE D – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE GEOECOLÓGICA 9

Tabela 24 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	360,36	19,40	14	1,74	256,68	254,60
Formação Florestal	1282,32	69,06	11	2,05	1057,41	86,95
Pastagem	153,10	8,25	15	1,59	92,07	375,84
Formação Savânica	61,02	3,29	2	2,28	39,51	67,08

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 25 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	364,69	19,64	26	1,72	223,56	105,28
Formação Florestal	1181,97	63,66	15	2,30	903,78	85,52
Pastagem	256,23	13,80	22	1,64	154,53	166,50
Formação Savânica	53,91	2,90	6	1,55	30,78	102,74

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 26 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 9_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	6	1	-	9	5
10 a 50 ha	-	1	-	-	1	-
50 a 100 ha	-	-	1	-	2	1
> 100 ha	-	4	-	-	3	-
Total	-	11	2	-	15	6

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 27 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 9_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	116,57	0,09	641,25	78,80	0,09	583,38
Formação Savânica	30,51	0,36	60,66	8,98	0,09	51,75

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE E – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9_1**

Tabela 28 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	39,50	18,61	4	1,45	26,01	144,96
Formação Florestal	145,08	68,37	2	2,40	105,93	67,08
Pastagem	27,62	13,02	4	1,48	15,30	368,34

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 29 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	39,68	18,70	4	1,52	24,30	135,92
Formação Florestal	142,92	67,35	4	2,01	101,07	63,54
Pastagem	29,60	13,95	5	1,43	15,66	302,64

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 30 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 9_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	1	-	-	3	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	1	-	-	1	-
Total	-	2	-	-	4	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 31 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 9_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	72,54	0,09	144,99	35,73	0,09	139,59

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE F – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9A**

Tabela 32 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	330,26	1,86	34	1,67	177,66	426,87
Formação Campestre	70,02	0,39	8	1,47	42,21	301,18
Formação Florestal	12481,74	70,21	61	1,68	11152,26	161,57
Pastagem	1945,41	10,94	131	1,59	1303,92	242,11
Formação Savânica	2930,13	16,48	77	1,88	2213,55	158,85
Solo Exposto	20,04	0,12	5	1,68	7,56	2400,60

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 33 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	374,99	2,12	38	1,75	196,11	341,28
Formação Campestre	13,14	0,07	02	1,83	5,31	5972,71
Formação Florestal	9965,70	56,06	89	1,89	8388,27	141,33
Pastagem	5417,43	30,47	192	1,71	3975,93	149,72
Formação Savânica	1993,77	11,21	59	1,90	1448,10	302,27
Solo Exposto	12,57	0,07	03	2,13	2,61	7608,86

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 34 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geocológica 9a na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	6	53	42	2	63	38
10 a 50 ha	2	5	22	-	18	13
50 a 100 ha	-	1	6	-	-	3
> 100 ha	-	2	7	-	8	5
Total	8	61	77	2	89	59

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 35 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geocológica 9a na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	8,75	0,09	35,64	6,57	3,78	9,36
Formação Florestal	204,62	0,09	11.428,02	111,97	0,09	5.977,89
Formação Savânica	38,05	0,09	532,71	33,79	0,09	431,64

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE G – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9B_1**

Tabela 36 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	202,50	16,61	10	1,62	148,68	422,47
Pastagem	283,94	23,29	21	1,56	190,17	223,53
Formação Savânica	711,81	58,38	9	2,12	570,42	113,99
Solo Exposto	20,95	1,72	5	1,67	7,65	297

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 37 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Área Urbana	38,42	3,15	4	1,47	23,67	63,54
Formação Florestal	130,05	10,67	7	1,73	91,62	314,20
Pastagem	728,35	59,74	15	1,85	557,73	113,20
Formação Savânica	322,38	26,44	25	1,79	197,19	123,88

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 38 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 9b_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	6	6	-	3	17
10 a 50 ha	-	3	1	-	3	5
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	3
> 100 ha	-	1	2	-	-	-
Total	-	10	9	-	7	25

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 39 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 9b_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	20,25	0,09	140,31	18,58	0,18	78,84
Formação Savânica	79,09	0,09	359,82	12,89	0,09	89,37

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE H – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9B_3**

Tabela 40 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	3,15	1	1	1,25	1,35	-
Formação Florestal	97,92	30,85	6	1,69	64,35	253,87
Formação Savânica	215,91	68,02	3	2,00	169,74	67,08
Solo Exposto	0,42	0,13	1	1,14	0,09	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 41 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	94,77	29,86	5	1,97	64,35	521,89
Pastagem	109,14	34,38	8	1,61	68,85	210,13
Formação Savânica	113,49	35,76	8	1,72	73,89	101,18

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 42 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 9b_3 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	1	3	1	-	2	5
10 a 50 ha	-	3	1	-	2	3
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	-	1	-	-	-
Total	1	6	3	-	5	8

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 43 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 9b_3 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	3,15	3,15	3,15	-	-	-
Formação Florestal	16,32	1,26	43,65	18,95	0,09	63,63
Formação Savânica	71,97	0,09	178,65	14,14	0,18	38,43

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE I – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9B_4**

Tabela 44 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	10,08	4,88	1	1,45	6,57	-
Formação Florestal	170,10	82,29	2	1,41	150,93	60
Pastagem	14,65	7,09	5	1,55	4,32	245,45
Formação Savânica	2,07	1	1	1,40	0,63	-
Solo Exposto	9,8	4,74	1	1,57	5,49	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 45 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	107,28	51,90	7	1,54	74,79	84
Pastagem	99,42	48,10	5	1,67	67,23	87,94

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 46 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 9b_4 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	1	1	-	6	-
10 a 50 ha	1	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	1	-	-	-	-
Total	1	2	1	-	7	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 47 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 9b_4 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	10,08	10,08	10,08	-	-	-
Formação Florestal	85,05	2,97	167,13	15,32	0,09	96,39
Formação Savânica	2,07	2,07	2,07	-	-	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE J – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 9B_6**

Tabela 48 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) no ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	354,33	67,30	10	1,56	279,54	107,28
Pastagem	164,43	31,23	12	1,55	110,07	168,91
Formação Savânica	3,33	0,63	2	1,32	0,81	442,94
Solo Exposto	4,41	0,84	2	1,50	0,72	882,32

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 49 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento Rochoso	1,53	0,29	1	1,25	0,27	0
Formação Florestal	234,72	44,58	14	1,56	165,96	115,68
Pastagem	290,25	55,13	11	1,72	216,54	183,89

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 50 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 9b_6 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	6	2	-	11	-
10 a 50 ha	-	3	-	-	2	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	1	-	-	1	-
Total	-	10	2	-	14	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 51 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 9b_6 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	35,43	0,09	263,52	16,76	0,09	155,52
Formação Savânica	1,66	0,99	2,34	-	-	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE K – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 10**

Tabela 52 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	58,86	25,42	2	1,90	42,84	816,08
Pastagem	7,31	3,16	7	1,34	1,53	167,93
Formação Savânica	165,33	71,42	5	1,37	133,47	334,02

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 53 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	56,07	24,22	3	1,59	40,23	1022,35
Pastagem	61,22	26,44	10	1,37	37,71	153,05
Formação Savânica	114,21	49,34	6	1,71	79,02	146,31

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 54 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geocológica 10 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	1	4	-	2	4
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	1
50 a 100 ha	-	1	-	-	1	1
> 100 ha	-	-	1	-	-	-
Total	-	2	5	-	3	6

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 55 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geocológica 10 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	29,43	0,81	58,05	18,69	0,09	50,94
Formação Savânica	33,06	0,18	164,43	19,03	0,18	91,62

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

APÊNDICE L – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE GEOECOLÓGICA 11

Tabela 56 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	106,23	51,92	4	2,27	81	92,25
Formação Florestal	93,33	45,62	3	1,54	54,81	73
Formação Savânica	5,04	2,46	2	1,68	0,99	1406,16

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 57 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	86,46	42,26	3	1,65	63,09	163,24
Formação Florestal	114,93	56,17	7	1,59	78,75	104,67
Pastagem	2,22	1,09	5	1,06	0,09	563,95
Formação Savânica	0,99	0,48	1	1,57	0	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 58 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 11 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	2	2	-	6	1
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	1	-	-	-	-
> 100 ha	-	-	-	-	1	-
Total	-	3	2	-	7	1

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 59 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 11 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	31,11	0,27	90,18	16,42	0,09	101,43
Formação Savânica	2,52	1,26	3,78	0,99	0,99	0,99

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

APÊNDICE M – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE GEOECOLÓGICA 14

Tabela 60 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	1797,75	70,73	22	1,67	1644,93	223,50
Pastagem	352,64	13,87	12	1,58	275,58	478,57
Formação Savânica	391,41	15,40	16	1,81	274,95	93,94

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 61 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Agricultura	0,18	0	1	1	0	-
Formação Florestal	1068,30	42,03	20	1,61	889,38	123,86
Pastagem	1090,28	42,89	18	2,06	830,88	147,09
Formação Savânica	383,04	15,08	11	2,05	283,05	245,44

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 62 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	18	9	-	13	4
10 a 50 ha	-	3	6	-	5	5
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	1
> 100 ha	-	1	1	-	1	1
Total	-	22	16	-	20	11

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 63 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	81,71	0,09	1.692,81	53,41	0,09	856,53
Formação Savânica	24,46	0,09	202,86	34,82	0,09	198,54

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE N – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_1**

Tabela 64 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	2,34	1,62	1	1,18	0,81	-
Formação Florestal	15,12	10,46	4	1,34	7,11	449,29
Pastagem	42,81	29,60	1	1,95	31,68	-
Formação Savânica	84,33	58,32	2	1,55	66,78	67,08

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 65 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	0,54	0,37	2	1,12	0	84,85
Pastagem	84,48	58,42	3	1,51	63,09	62,36
Formação Savânica	59,58	41,21	2	1,98	40,86	60

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 66 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	1	4	1	-	2	1
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	1	-	-	1
> 100 ha	-	-	-	-	-	-
Total	1	4	2	-	2	2

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 67 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	2,34	2,34	2,34	-	-	-
Formação Florestal	3,78	0,9	9,9	0,27	0,18	0,36
Formação Savânica	42,16	4,68	79,65	29,79	6,21	53,37

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE O – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_2**

Tabela 68 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	73,98	46,26	6	1,82	45,27	107,72
Pastagem	85,92	53,74	1	2,69	65,43	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 69 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	80,01	50,03	3	1,99	53,01	130
Pastagem	79,89	49,97	5	1,67	53,28	88

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 70 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	4	-	-	2	-
10 a 50 ha	-	2	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	-	-	-	-	-
Total	-	6	-	-	3	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 71 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	12,33	1,35	34,02	26,67	0,54	76,95

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE P – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_3**

Tabela 72 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	13,86	9,46	3	1,26	7,47	350,68
Formação Florestal	115,65	78,94	5	1,54	91,35	96,59
Pastagem	8,98	6,13	2	1,39	3,96	2489,27
Formação Savânica	8,01	5,47	3	1,48	2,25	164,30

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 73 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	76,86	52,46	8	1,41	50,67	108,75
Pastagem	66,58	45,45	6	1,49	43,56	213,88
Formação Savânica	3,06	2,09	3	1,24	0,54	127,27

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 74 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 14_3 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	3	4	3	-	4	3
10 a 50 ha	-	-	-	-	4	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	1	-	-	-	-
Total	3	5	3	-	8	3

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 75 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 14_3 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	4,62	0,09	7,11	-	-	-
Formação Florestal	23,13	0,45	110,88	9,61	0,36	20,61
Formação Savânica	2,67	0,99	3,51	1,02	0,18	2,7

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE Q – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_4**

Tabela 76 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	155,25	94,84	1	1,34	140,76	-
Pastagem	8,45	5,16	1	1,68	4,05	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 77 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	152,37	93,08	1	1,39	137,70	-
Pastagem	11,33	6,92	2	1,16	7,20	201,24

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 78 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14_4 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	-	-	-	-	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	1	-	-	1	-
Total	-	1	-	-	1	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 79 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14_4 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	155,25	155,25	155,25	152,37	152,37	152,37

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE R – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_5**

Tabela 80 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	15,72	0,45	4	1,65	6,66	420,51
Formação Florestal	2015,64	58,02	6	2,90	1706,40	209,31
Pastagem	658,04	18,94	41	1,56	463,59	255,79
Formação Savânica	784,80	22,59	3	2,28	685,53	736,94

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 81 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	14,83	0,43	9	1,19	5,22	333,29
Agricultura	100,35	2,89	1	1,64	86,22	-
Formação Florestal	1522,35	43,82	22	1,93	1155,96	157,85
Pastagem	1742,10	50,14	45	1,78	1317,42	143,44
Formação Savânica	87,57	2,52	13	1,48	46,89	412,22
Solo exposto	7,00	0,20	2	1,90	1,17	1194,74

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 82 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14_5 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	2	1	-	15	9
10 a 50 ha	-	1	-	-	4	4
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	3	2	-	2	-
Total	-	6	3	-	22	13

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 83 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14_5 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	335,94	3,6	1.666,80	69,20	0,09	1.086,66
Formação Savânica	261,6	0,36	560,43	6,74	0,09	17,01

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE S – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14_6**

Tabela 84 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	459,36	55,26	4	2,20	374,94	157,09
Pastagem	371,84	44,74	6	1,78	298,62	161

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 85 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	152,01	18,29	15	1,72	77,31	207,61
Pastagem	679,19	81,71	1	4,45	577,62	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 86 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14_6 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	2	-	-	11	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	3	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	2	-	-	-	-
Total	-	4	-	-	15	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 87 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14_6 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	114,84	0,36	310,14	10,13	0,09	71,55

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE T – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_1**

Tabela 88 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	118,26	29,72	9	1,56	81,54	222,34
Pastagem	59,14	14,86	10	1,55	28,35	219,44
Formação Savânica	220,50	55,42	12	1,55	160,56	87,36

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 89 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Pastagem	213,49	53,65	2	2,98	151,92	67,08
Formação Savânica	184,41	46,35	11	1,63	127,44	178,63

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 90 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14b_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	8	9	-	-	7
10 a 50 ha	-	-	2	-	-	2
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	2
> 100 ha	-	1	1	-	-	-
Total	-	9	12	-	-	11

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 91 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14b_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	13,14	0,09	105,03	-	-	-
Formação Savânica	18,37	0,09	126	16,76	0,09	66,51

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE U – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_2**

Tabela 92 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	196,47	36,46	7	1,85	143,10	152,16
Formação Florestal	81,36	15,10	14	1,31	51,39	246,10
Pastagem	74,94	13,91	1	1,89	60,57	-
Formação Savânica	186,03	34,53	6	1,91	131,22	162

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 93 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	172,80	32,07	4	1,78	132,30	506,42
Formação Florestal	81,09	15,05	5	1,63	55,62	417,38
Pastagem	102,30	18,99	7	1,31	76,95	139,66
Formação Savânica	182,61	33,89	7	1,56	138,24	124,96

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 94 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geocológica 14b_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	3	12	3	1	4	4
10 a 50 ha	2	1	2	1	-	2
50 a 100 ha	2	1	1	1	1	-
> 100 ha	-	-	-	1	-	1
Total	7	14	6	4	5	7

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 95 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geocológica 14b_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	28,07	0,63	58,32	43,2	1,98	101,97
Formação Florestal	5,81	0,09	55,98	16,22	0,09	66,78
Formação Savânica	31	2,34	81,72	26,09	0,09	122,4

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE V – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_3**

Tabela 96 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	88,86	1,88	6	1,61	57,24	102,36
Formação Florestal	3293,82	69,72	9	1,61	3102,21	333,86
Pastagem	738,76	15,64	16	1,62	619,38	458,44
Formação Savânica	577,89	12,23	3	2,29	507,15	162,87
Solo Exposto	24,87	0,53	8	1,29	11,70	300,48

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 97 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	56,71	1,21	7	1,48	30,06	121,03
Agricultura	328,85	6,96	3	1,32	296,73	226,86
Formação Florestal	1157,67	24,50	26	1,93	887,76	167,64
Pastagem	2694,14	57,03	28	1,58	2325,69	127,46
Formação Savânica	464,13	9,82	7	1,63	392,49	89,76
Solo Exposto	22,70	0,48	7	1,40	8,82	1750,85

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 98 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 14b_3 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	6	1	-	14	4
10 a 50 ha	-	2	-	-	5	1
50 a 100 ha	-	-	-	-	4	-
> 100 ha	-	1	2	-	3	2
Total	-	9	3	-	26	7

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 99 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 14b_3 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	365,98	0,09	3.202,92	44,52	0,9	354,6
Formação Savânica	192,63	6,48	452,97	66,30	0,09	339,75

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE W – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_4**

Tabela 100 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	4,41	1,50	2	1,55	1,17	1963,79
Formação Florestal	259,11	88,40	1	2,83	220,86	-
Pastagem	29,58	10,10	7	1,48	12,78	183,42

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 101 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	3,78	1,29	2	1,24	1,71	1925,85
Formação Florestal	149,22	50,91	5	1,96	106,83	115,48
Pastagem	140,10	47,80	6	1,69	98,91	92,36

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 102 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 14b_4 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	-	-	-	2	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	2	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	1	-
> 100 ha	-	1	-	-	-	-
Total	-	1	-	-	5	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 103 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 14b_4 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	259,11	259,11	259,11	29,84	5,49	91,17

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE X – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_5**

Tabela 104 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	1133,10	52,14	21	1,66	951,03	119,50
Formação Florestal	355,23	16,35	17	1,73	247,68	379,33
Pastagem	37,85	1,74	7	1,36	20,34	150,37
Formação Savânica	646,92	29,77	20	1,72	492,03	193,77

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 105 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	762,93	35,11	15	1,61	621,45	232,68
Formação Florestal	284,76	13,10	25	1,63	179,19	288,19
Pastagem	519,71	23,92	12	1,89	405,54	332,56
Formação Savânica	605,70	27,87	18	1,68	463,86	150,01

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 106 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geocológica 14b_5 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	15	11	13	10	17	8
10 a 50 ha	3	3	3	3	7	7
50 a 100 ha	1	3	1	1	1	-
> 100 ha	2	-	3	1	-	3
Total	21	17	20	15	25	18

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 107 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geocológica 14b_5 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	53,95	0,09	766,44	50,86	0,09	596,7
Formação Florestal	20,89	0,27	86,31	11,39	0,27	86,85
Formação Savânica	32,35	0,09	169,92	33,65	0,09	176,58

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE Y – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14B_7**

Tabela 108 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	38,08	63,05	2	1,88	24,03	67,08
Formação Florestal	22,32	36,95	6	1,56	8,55	103,17

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 109 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	41,04	67,95	2	1,81	29,34	67,08
Formação Florestal	18,54	30,70	6	1,57	6,21	74,72
Pastagem	0,82	1,35	3	1,16	0	208,73

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 110 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14b_7 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	6	-	-	6	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	-	-	-	-	-
Total	-	6	-	-	6	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 111 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14b_7 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	3,72	0,18	7,65	3,09	0,81	6,66

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE Z – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14C_1**

Tabela 112 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	357,57	89,39	3	1,43	324,36	73
Pastagem	40,90	10,23	10	1,48	17,55	162,97
Formação Savânica	1,53	0,38	1	1,33	0,27	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 113 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	214,20	53,55	3	1,83	168,30	90
Pastagem	185,80	46,45	7	2,27	132,57	74,20

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 114 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 14c_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	2	1	-	2	-
10 a 50 ha	-	-	-	-	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	1	-	-	1	-
Total	-	3	1	-	3	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 115 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 14c_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	119,19	0,09	355,23	71,4	1,08	212,04

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE A1 – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14C_2**

Tabela 116 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Florestal	6118,65	72,87	27	1,70	5525,91	162,09
Pastagem	2235,55	26,62	57	1,65	1756,08	232,68
Formação Savânica	43,20	0,51	5	1,65	23,67	145,48

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 117 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Agricultura	5,67	0,07	1	1,37	3,15	-
Formação Florestal	2919,78	34,77	78	1,85	2206,71	150,16
Pastagem	5420,68	64,55	41	1,68	4661,73	113,68
Formação Savânica	47,07	0,56	4	1,92	26,73	3083,22
Solo Exposto	4,20	0,05	2	1,50	0,54	94,86

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 118 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 14c_2 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	-	20	2	-	53	1
10 a 50 ha	-	3	3	-	16	3
50 a 100 ha	-	1	-	-	2	-
> 100 ha	-	3	-	-	7	-
Total	-	27	5	-	78	4

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 119 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 14c_2 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Florestal	226,61	0,09	3.492,00	37,43	0,09	794,25
Formação Savânica	8,64	0,09	15,03	11,77	0,81	19,89

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE A2 – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 14F_3**

Tabela 120 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	128,92	38,47	8	1,52	89,19	235,40
Formação Florestal	4,18	1,25	1	1,21	1,98	-
Formação Savânica	202	60,28	6	1,53	158,85	144,09

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 121 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN
Formação Campestre	123,61	36,89	6	1,68	85,68	219,35
Formação Florestal	3,28	0,98	1	1,66	1,26	-
Formação Savânica	208,21	62,13	4	1,71	164,79	162,64

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 122 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 14f_3 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	4	1	5	2	1	3
10 a 50 ha	4	-	-	4	-	-
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	-	-	1	-	-	1
Total	8	1	6	6	1	4

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 123 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 14f_3 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	16,11	0,18	41,4	20,59	0,63	36,27
Formação Florestal	4,14	4,14	4,14	3,24	3,24	3,24
Formação Savânica	33,66	0,09	192,33	52,04	0,09	206,28

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE A3 – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 16A_1**

Tabela 124 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	5,05	0,48	1	1,47	2,25	-
Formação Campestre	211,50	20,10	6	1,98	157,32	164,14
Formação Florestal	68,94	6,55	11	1,60	32,67	281,88
Formação Savânica	761,13	72,32	5	1,99	642,24	72,46
Solo Exposto	5,77	0,55	1	1,37	2,97	-

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 125 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Afloramento rochoso	4,63	0,44	1	1,33	2,16	-
Formação Campestre	61,92	5,88	5	1,84	36,27	630,41
Formação Florestal	43,02	4,09	13	1,38	18,90	232,88
Pastagem	322,69	30,66	10	1,62	254,34	127,62
Formação Savânica	600,66	57,08	12	1,70	479,43	92,96
Solo Exposto	19,48	1,85	6	1,72	4,68	406,90

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 126 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoeológica 16a_1 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	2	8	3	2	12	7
10 a 50 ha	2	3	1	3	1	2
50 a 100 ha	1	-	-	-	-	2
> 100 ha	1	-	1	-	-	1
Total	6	11	5	5	13	12

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 127 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoeológica 16a_1 na BHRS

Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	35,25	2,07	101,52	12,38	1,44	24,03
Formação Florestal	6,27	0,27	21,33	3,31	0,09	19,26
Formação Savânica	152,23	0,09	745,47	50,05	0,09	428,22

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

**APÊNDICE A4 – TABELAS DAS MÉTRICAS PARA A UNIDADE
GEOECOLÓGICA 16B_3**

Tabela 128 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 1985

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	254,38	49,22	8	1,60	196,11	158,18
Formação Florestal	14,35	2,78	1	3,27	3,42	-
Formação Savânica	248,07	48,00	6	1,99	189,72	130,92

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 129 - Área da Classe (CA); Percentual de área das classes (PLAND); Número de manchas (NP); Índice de forma médio (Shape_MN; adimensional); Total de Área Central (TCA, em hectares); Distância média euclidiana dos fragmentos de mesma classe mais próximos (ENN) ano de 2020

Classes	CA (ha)	PLAND (%)	NP	Shape_MN	TCA	ENN_MN
Formação Campestre	181,48	35,11	6	1,70	133,38	115,55
Formação Florestal	11,11	2,16	3	1,56	3,24	353,48
Formação Savânica	324,21	62,73	8	1,67	260,55	115,55

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 130 - Classes de tamanho e número de fragmentos das formações vegetais na unidade geoecológica 16b_3 na BHRS

Tamanho	1985			2020		
	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica	Formação Campestre	Formação Florestal	Formação Savânica
0 a 10 ha	5	-	4	4	2	6
10 a 50 ha	2	1	1	1	1	1
50 a 100 ha	-	-	-	-	-	-
> 100 ha	1	-	1	1	-	1
Total	8	1	6	6	3	8

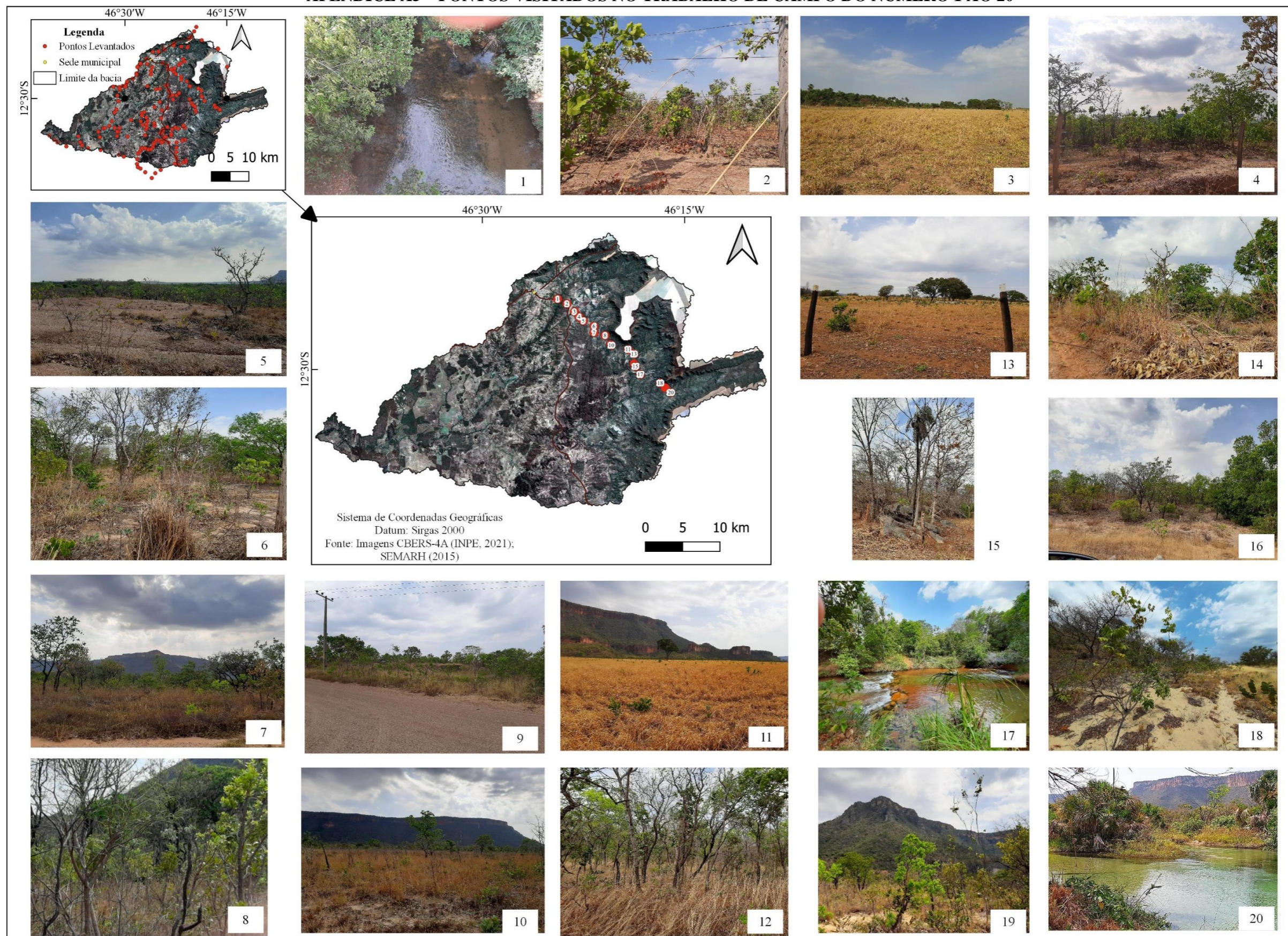
Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

Tabela 131 - Comparação da área dos fragmentos por classe entre 1985 e 2020 na unidade geoecológica 16b_3 na BHRS

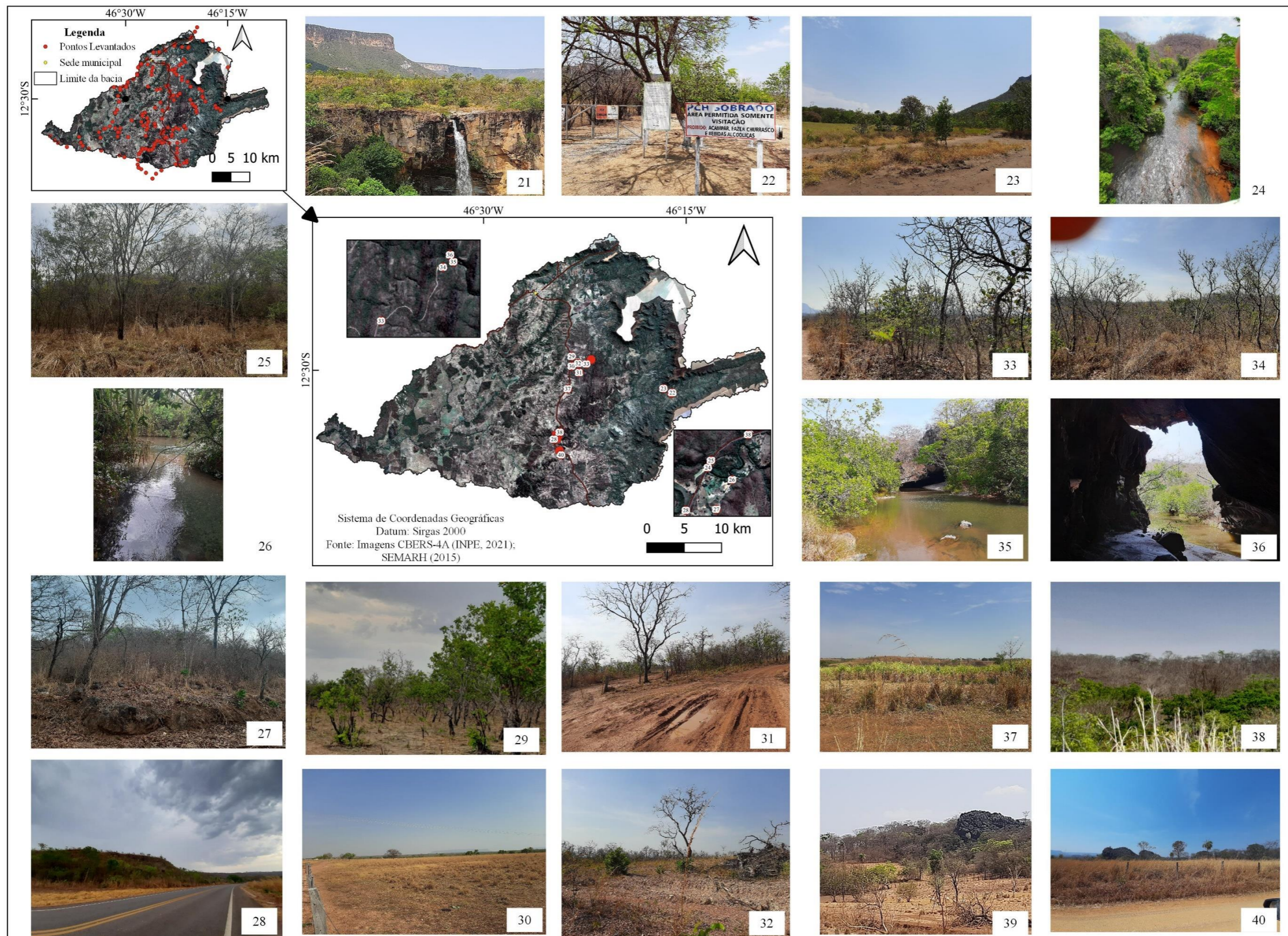
Classes	1985			2020		
	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)	Média (ha)	Mínima (ha)	Máxima (ha)
Formação Campestre	31,80	0,36	207,09	30,25	0,09	121,59
Formação Florestal	14,40	14,40	14,40	3,72	0,36	10,17
Formação Savânica	41,35	0,54	195,75	40,53	0,09	280,44

Fonte: Mapas de uso e cobertura da terra da BHRS. Organização: Nascimento (2023).

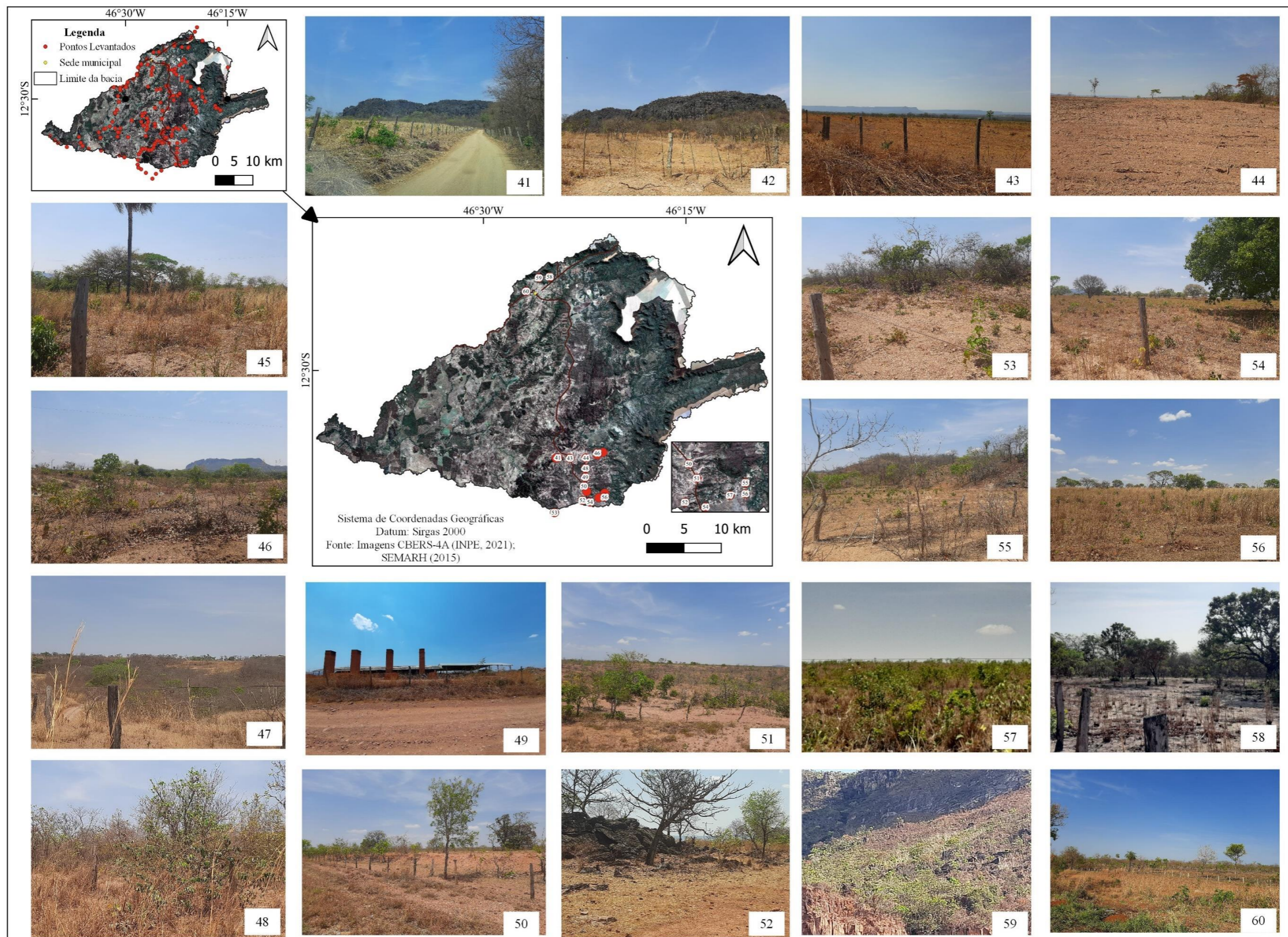
APÊNDICE A5 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 1 AO 20



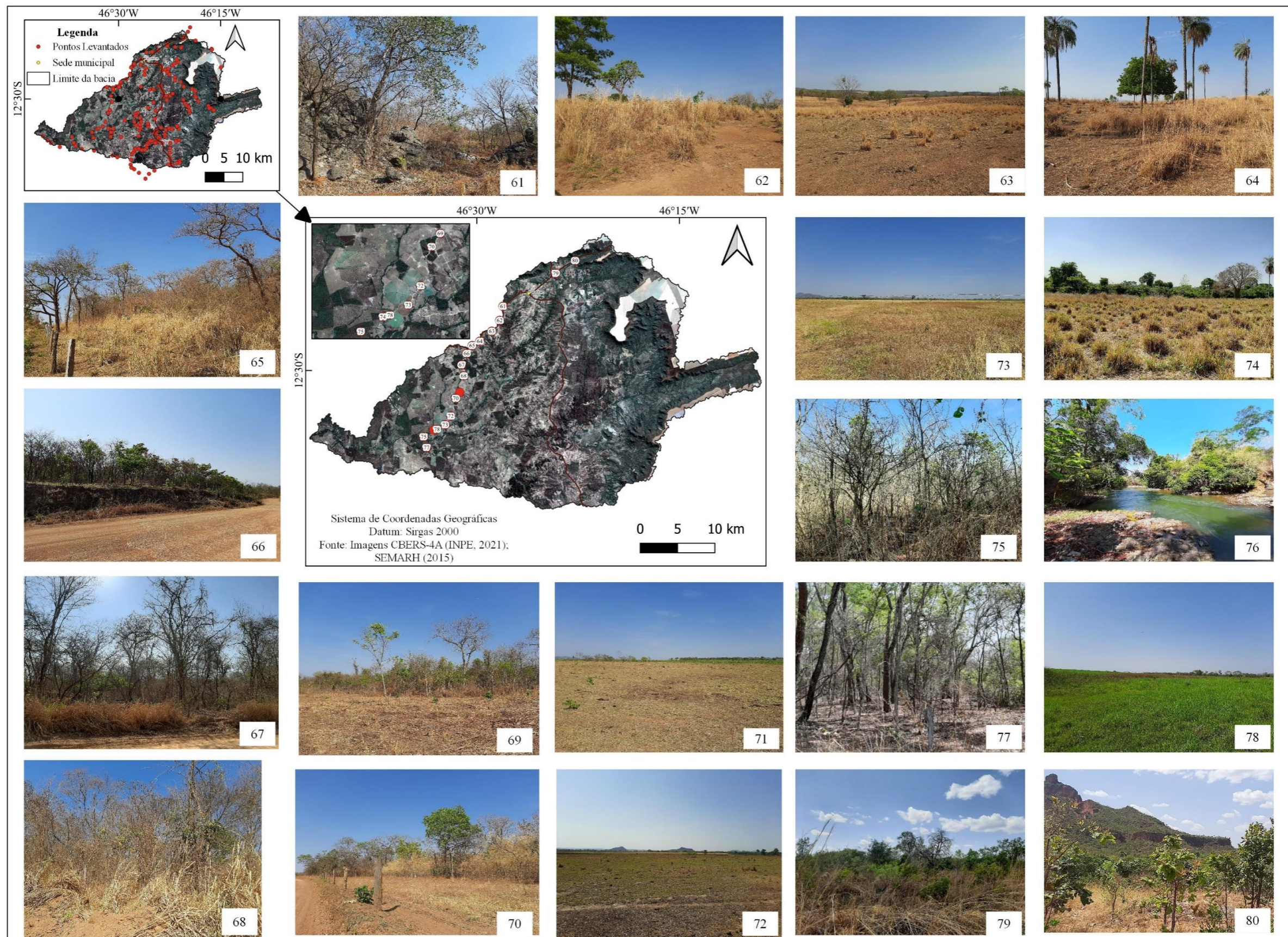
APÊNDICE A6 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 21 AO 40



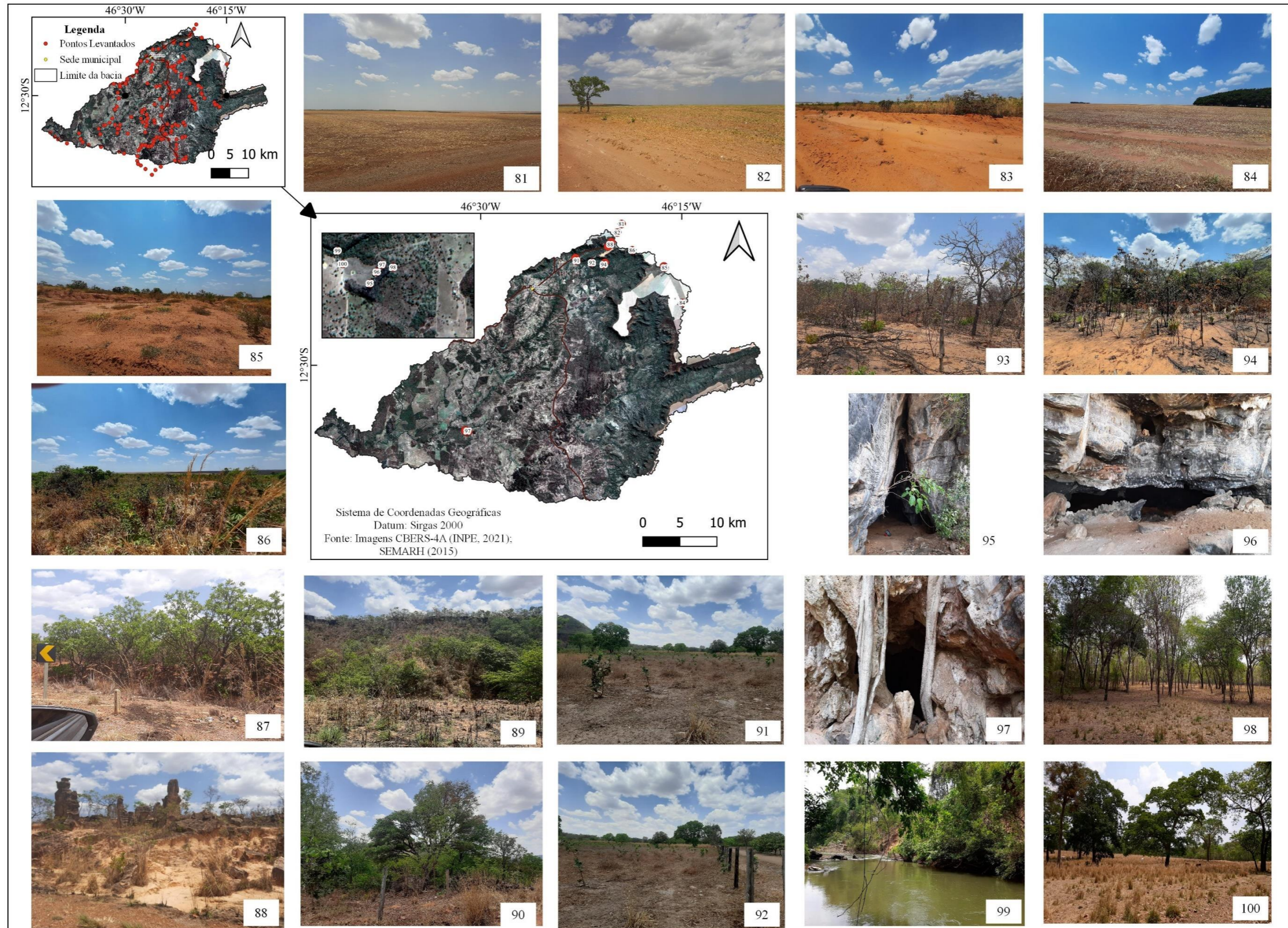
APÊNDICE A7 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 41 AO 60



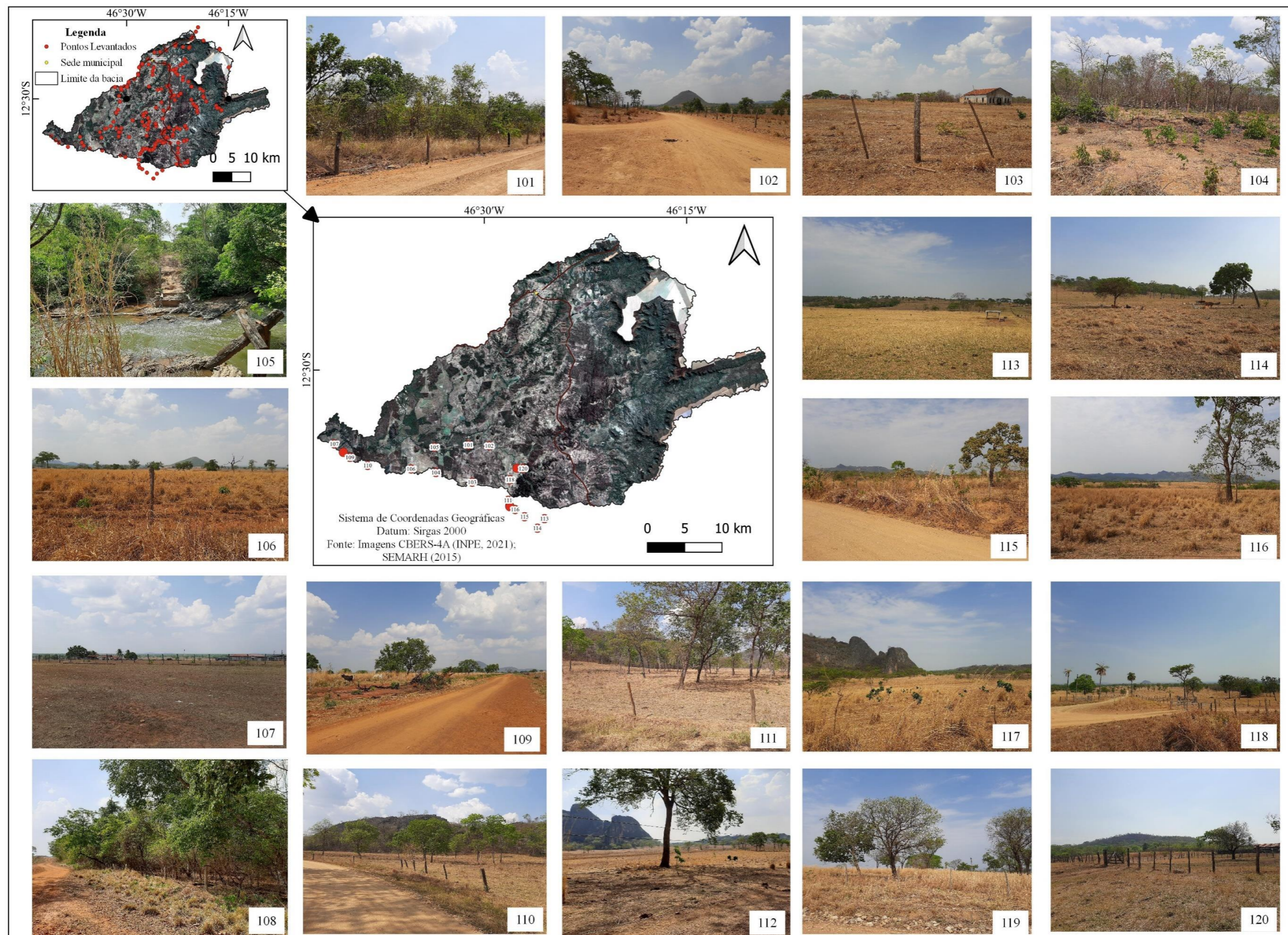
APÊNDICE A8 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 61 AO 80



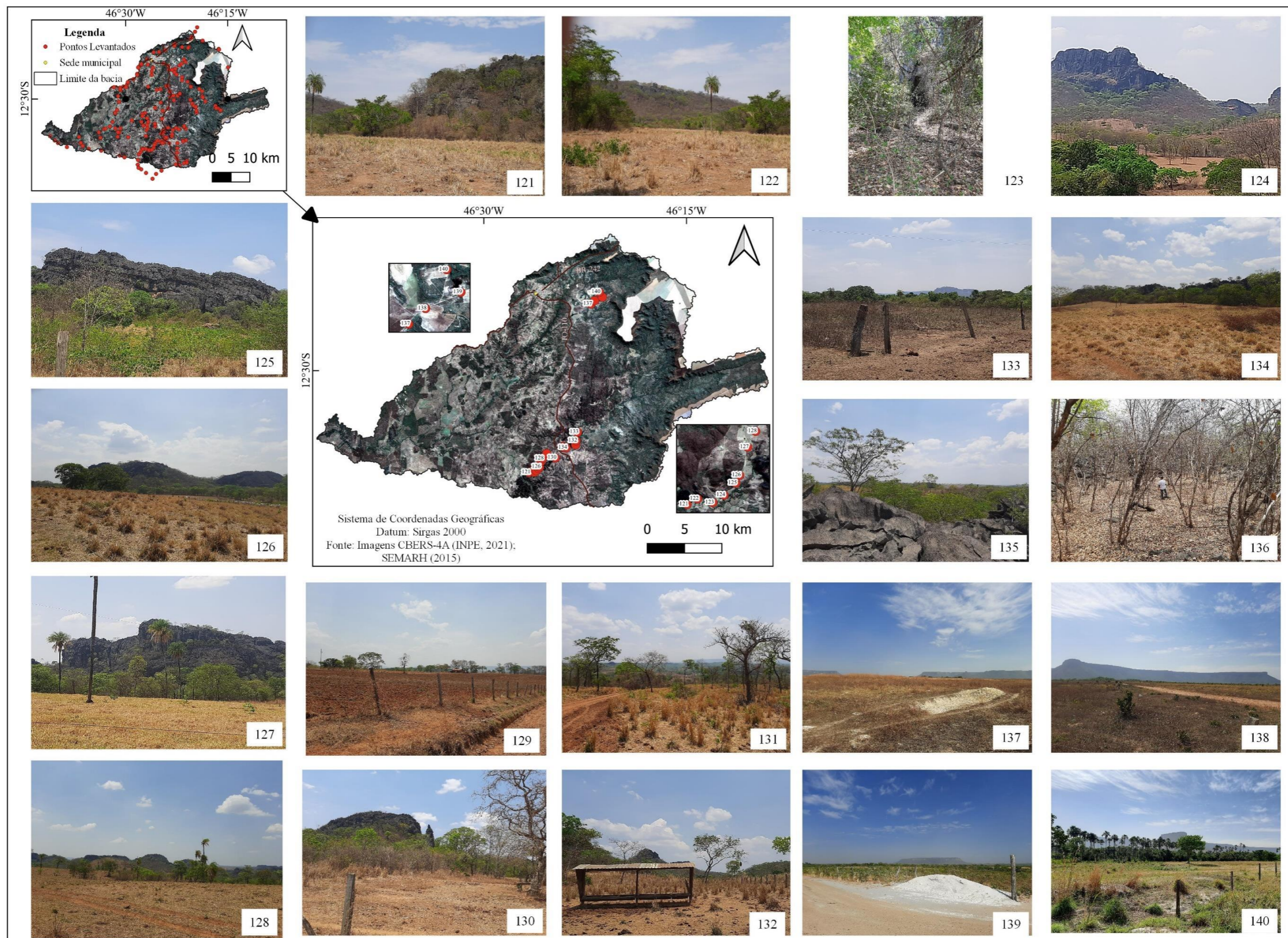
APÊNDICE A9 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 81 AO 100



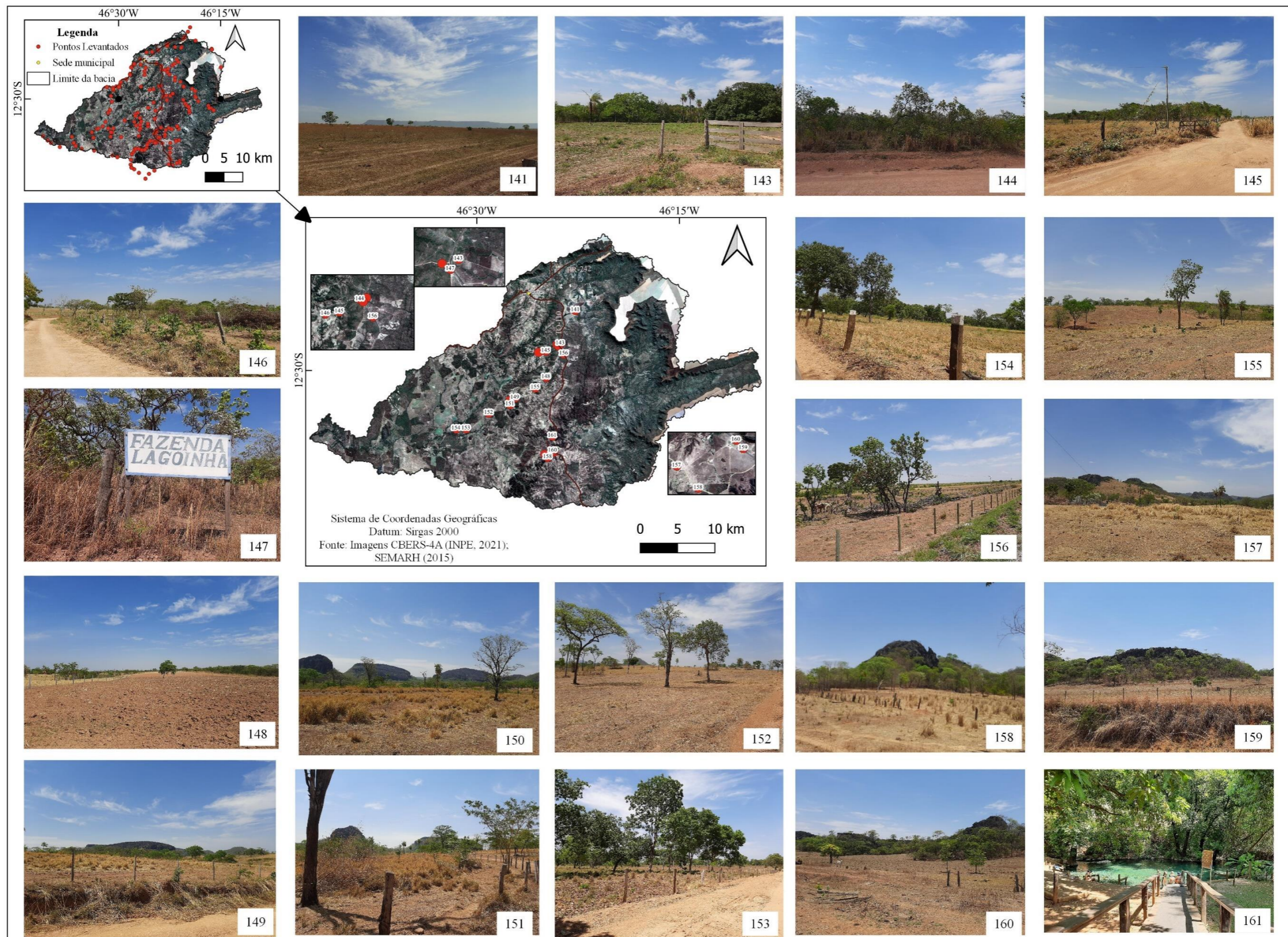
APÊNDICE A10 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 101 AO 120



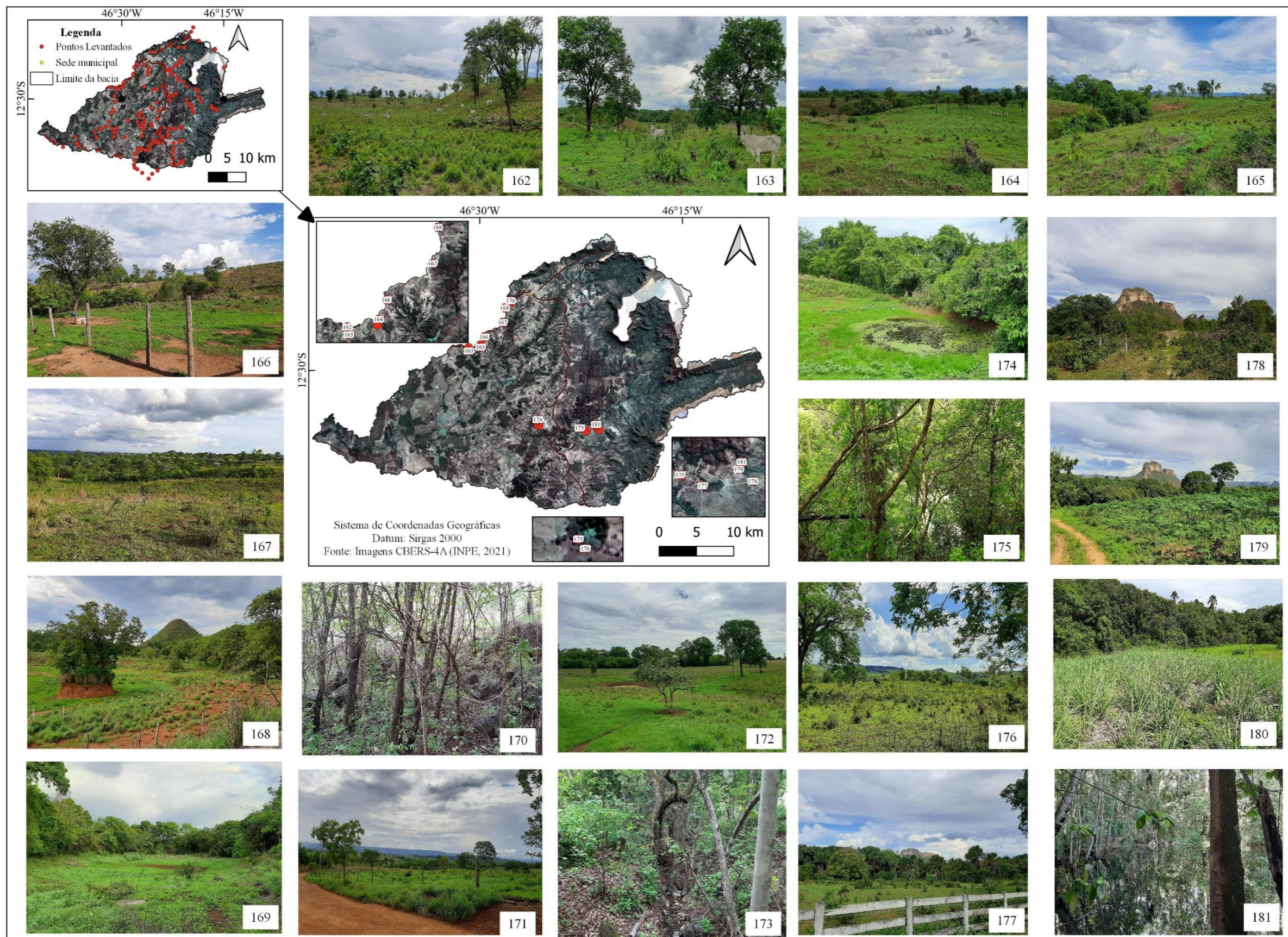
APÊNDICE A11 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 121 AO 140



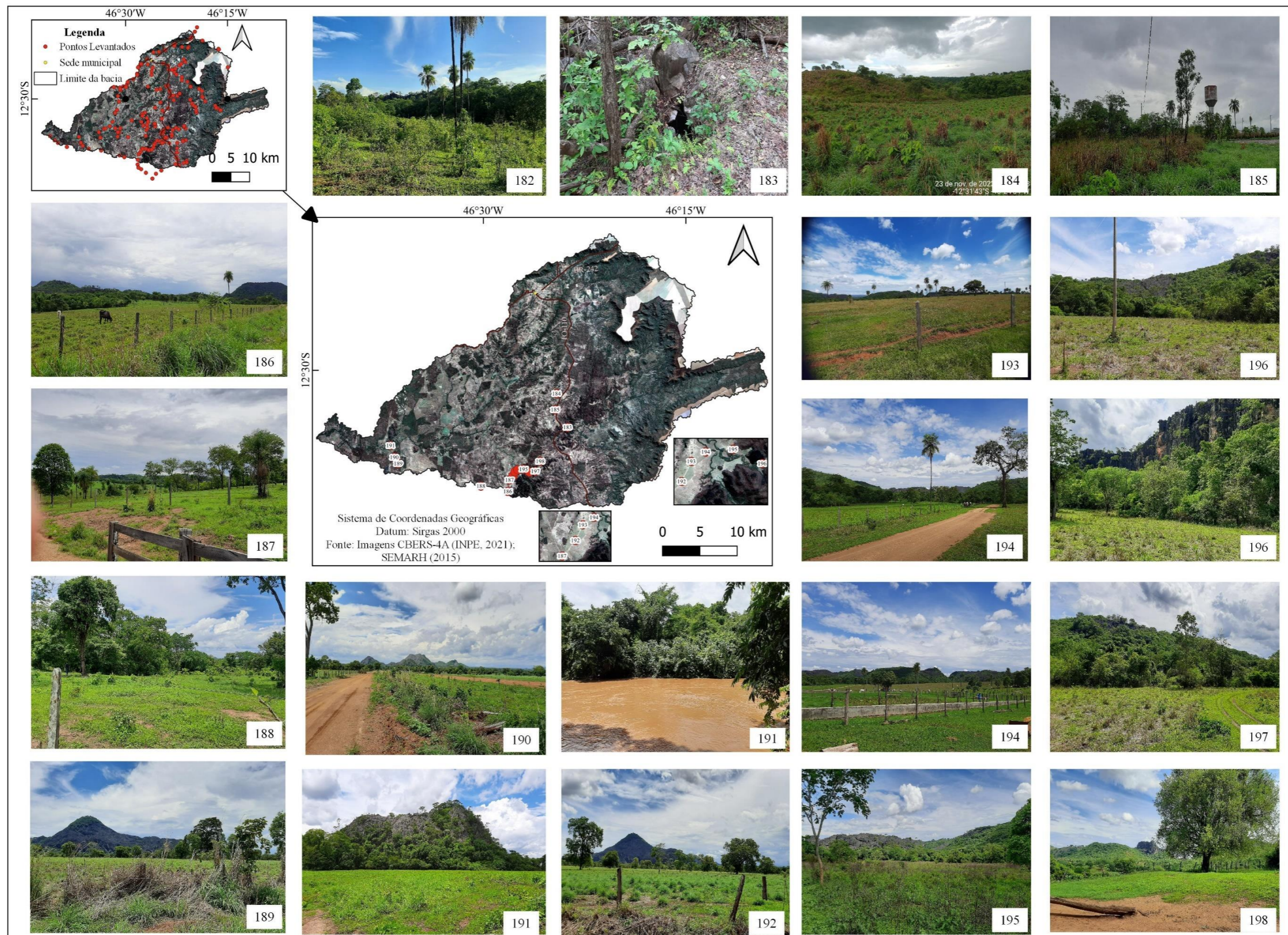
APÊNDICE A12 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 141 AO 161



APÊNDICE A13 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 162 AO 181



APÊNDICE A14 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 182 AO 198



APÊNDICE A15 – PONTOS VISITADOS NO TRABALHO DE CAMPO DO NÚMERO 199 AO 218

