

GABRIEL MENDES PETITO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS BIÓTOPOS (1985-2023) E SUAS RELAÇÕES
COM O REPRESAMENTO HIDRELÉTRICO DA UHE BARRA DO BRAÚNA, MINAS
GERAIS

Orientador

Prof. Dr. Roberto Marques Neto

JUIZ DE FORA

2026

GABRIEL MENDES PETITO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS BIÓTOPOS (1985-2023) E SUAS RELAÇÕES
COM O REPRESAMENTO HIDRELÉTRICO DA UHE BARRA DO BRAÚNA, MINAS
GERAIS

Orientador

Prof. Dr. Roberto Marques Neto

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Juiz de Fora para
defesa do Mestrado em Geografia.

JUIZ DE FORA

2026

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

CURSO DE MESTRADO

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS BIÓTOPOS (1985-2023) E SUAS RELAÇÕES
COM O REPRESAMENTO HIDRELÉTRICO DA UHE BARRA DO BRAÚNA, MINAS
GERAIS

Gabriel Mendes Petito

Prof. Dr. Roberto Marques Neto

Comissão Examinadora

Avaliador 1

Avaliador 2

Avaliador 3

JUIZ DE FORA

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Mendes Petito, Gabriel.

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS BIÓTOPOS (1985-2023) E SUAS RELAÇÕES COM O REPRESAMENTO HIDRELÉTRICO DA UHE BARRA DO BRAÚNA, MINAS GERAIS / Gabriel Mendes Petito. -- 2026.

99 f.

Orientador: Roberto Marques Neto
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2026.

1. Mapeamento de biótopos. 2. Biogeomorfologia. 3. Dinâmicas Socioambientais. I. Marques Neto, Roberto , orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS:

Querido Pai,

Há pouco tempo enfileirava perguntas a ti sobre o oceano, sobre os animais, sobre a natureza. Hoje, tão recente, e paradoxalmente tão distante desse passado, te vejo com cabelos grisalhos e acho graça em como estava claro que as coisas seriam dessa forma.

Uma vez me disse que queria ser professor de matemática, lembro disso até hoje. Talvez fosse só isso o que eu precisava.

Essa vai pra você meu camarada. Muito obrigado!

Tailane Ruback Mendes,

Minha filhada amada, te amo tanto. Obrigado por enfrentar o mundo comigo.

Lucas e Rodrigo, queridos irmãos,

Valeu pelos acolhimentos, pela confiança, pelos brindes e conversas. É ainda mais legal quando dividido com vocês. Isso me inspira e me ajuda a ser cada dia uma pessoa honesta e livre.

Aos meus queridos amigos, Vitória, Guilherme e Gustavo (Skr),

Por serem carinho e desabafos. Por cada memória e risada. Por cada noite e cada dia. Pelos Jilós e pelos violões. Pelos amigos do Dodô e pelos vinhos. Pelos tempos e contratempos. Pela Márcia.

Obrigado por tanto.

Ao meu Orientador, Roberto,

Pelos direcionamentos, pela prestatividade e por tornar isso tudo possível. Obrigado!

Aos amigos que fiz no Bar do Zezinho e pelos corredores da Universidade,

Obrigado pelas boas conversas e memórias, sem vocês não seria.

As literaturas que me acompanharam,

João Guimarães Rosa, Fernando Pessoa, Clarice Lispector, Graciliano Ramos, Jorge Amado, Carlos Drummond de Andrade e Lygia Fagundes Telles... obrigado por terem acolhido meu espírito em desconforto da vida.

Por fim,

Agradeço a mim de outro tempo pelo esforço e dedicação.

RESUMO

O aumento significativo do nível hídrico, decorrente da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica - UHE Barra do Braúna, em 2007 - efeito este acontecido na Zona da Mata Mineira, compreendendo os Municípios de Cataguases, Leopoldina, Recreio e Laranjal. Estabelece dinâmicas disruptivas fundamentais que forçam a organização dos elementos inscritos na paisagem. Compreendendo a conceitualização de biótopos por meio da interação sistêmica da cobertura vegetal com a geomorfologia local, a pesquisa, por sua vez, objetiva identificar e classificar a evolução temporal dos biótopos na área de influência da usina, comparando os cenários pré (1985) e pós-represamento (2023) por meio da investigação apoiada em uma abordagem geossistêmica, compreendendo a paisagem como um sistema dinâmico onde as interações entre biocenose e substrato físico são mediadas pela ocupação das paisagens. Por outro lado, a metodologia baseou-se no processamento de imagens orbitais via Google Earth Engine (GEE), mapeamento de uso e ocupação da terra e levantamentos geomorfológicos, além dos mapas de biótopos em diferentes escalas temporais (escala de 1\50.000), complementados por trabalhos de campo para o detalhamento em escala 1\10.000. Os resultados revelam que a implantação da usina provocou uma ruptura estrutural: nos modelados de agradação, as áreas planas foram majoritariamente ocupadas pela lâmina d'água, enquanto as vertentes onduladas mantiveram o predomínio de pastagens. Identificou-se também, a conversão de biótopos aquáticos lóticos em lênticos, bem como a emergência de biótopos antropogênicos, como espaços voltados para passeios turísticos e áreas de lazer, que substituíram antigas áreas de subsistência e fragmentos florestais nativos. Portanto, verifica-se que a paisagem evoluiu para uma reorganização orientada por mudanças socioambientais, onde a fragmentação e o isolamento das manchas de vegetação indicam o atravessamento abrupto dos limiares impostos pela natureza frente à lógica de ocupação imposta pelo reservatório.

Palavras chave: Mapeamento de biótopos. Biótopos terrestres. Biótopos aquáticos. Biótopos de transição. Biogeomorfologia.

ABSTRACT

The significant increase of the water level, resulting from the formation of the reservoir of the Hydroelectric Power Plant - HPP Barra do Braúna, in 2007 - an effect happened in the Zona da Mata Mineira, comprising the Municipalities of Cataguases, Leopoldina, Recreio and Laranjal - establishes fundamental disruptive dynamics that force the reorganization of elements inscribed in the landscape. Understanding the conceptualization of biotopes through the systemic interaction of vegetation cover with local geomorphology, the research, in turn, aims to identify and classify the temporal evolution of biotopes in the plant's area of influence, comparing pre-damming (1985) and post-damming (2023) scenarios through an investigation supported by a geosystemic approach, understanding the landscape as a dynamic system where interactions between biocenosis and physical substrate are mediated by landscape occupation. On the other hand, the methodology was based on the processing of orbital images via Google Earth Engine (GEE), land use and land cover mapping, and geomorphological surveys, in addition to biotope maps at different temporal scales (1:50,000 scale), complemented by fieldwork for detailing at a 1:10,000 scale. The results reveal that the implementation of the plant caused a structural rupture: in aggradation landforms, flat areas were mostly occupied by the water surface, while undulating slopes maintained the predominance of pastures. The study also identified the conversion of lotic aquatic biotopes into lentic ones, as well as the emergence of anthropogenic biotopes, such as spaces dedicated to tourism and leisure areas, which replaced former subsistence areas and native forest fragments. Therefore, it is verified that the landscape evolved into a reorganization oriented by socio-environmental changes, where the fragmentation and the isolation of the vegetation patches indicate the abrupt crossing of the thresholds imposed by nature in the face of the logic of occupation imposed by the reservoir.

Keywords: Biotope mapping. Terrestrial biotopes. Aquatic biotopes. Transition biotopes. Biogeomorphology.

LISTA FIGURAS

Figura 1. Localização da UHE Barra do Braúna em território nacional.....	54
Figura 2. Imagem de satélite da localização da área da UHE em território estadual.....	52
Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna em 1985.....	58
Figura 4. Mapa de uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna em 2023.....	59
Figura 5. Mapa de declividade na área de influência da UHE Barra do Braúna	61
Figura 6. Mapa morfológico da área de influência da UHE Barra do Braúna em 1985 ...	62
Figura 7. Mapa morfológico da área de influência da UHE Barra do Braúna em 2023 ...	63
Figura 8. Organização da classificação dos biótopos na área de influência da UHE	64
Figura 9. Mapa de biótopos em 1985 da área de influência da UHE Barra do Braúna	66
Figura 10. Mapa de biótopos em 2023 da área de influência da UHE Barra do Braúna ..	67
Figura 11. Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas naturais	69
Figura 12. Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas antropogênicas	70
Figura 13. Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas antropogênicas	71
Figura 14. Predomínio de biótopos originados das influências antropogênicas	72
Figura 15. Impactos antropogênicos em escala de 1:10.000	74
Figura 16. Zonas de focos erosivos na área de influência da UHE Barra do Braúna	84
Figura 17. Estado da vegetação ciliar em diferentes pontos do reservatório	85
Figura 18. Máquina de retirada das macrófitas aquáticas sob ambiente infestado	86
Figura 19. Comparação dos pontos de monitoramento de água da UHE Barra do Braúna com os pontos de coleta de água utilizados pela pesquisa.	87
Figura 20. Proliferação de macrófitas aquáticas em estabelecimento comercial de peixes na área de influência da UHE.	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Categorias de análise da água.	34
Quadro 2. Metodologia de classificação dos Biótopos.	43
Quadro 3. Metodologia de classificação dos Biótopos na área de influência da UHE Barra do Braúna.	43
Quadro 4. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com estruturas naturais em 1:10.000.	46
Quadro 5. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com estruturas antronaturais em 1:10.000.	47
Quadro 6. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antropogênicas em 1:10.000.	48
Quadro 7. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos de transição com predomínio de estruturas naturais em 1:10.000.	48
Quadro 8. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos de transição com predomínio de estruturas antroponaturais em 1:10.000.	48
Quadro 9. Nomenclaturas e atribuições dos biótopos aquáticos com predomínio de estruturas antropogênicas em 1:10.000.	49
Quadro 10. Média mensal dos elementos climáticos em Leopoldina – MG.	53
Quadro 11. Média mensal dos elementos climáticos em Recreio – MG.	54
Quadro 12. Média mensal dos elementos climáticos em Laranjal – MG.	55
Quadro 13. Contraste temporal entre a definição do Projeto RADAM (1983) e a Coleção 10 MapBiomas (2025).	56
Quadro 14. Análise quantitativa da evolução do uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna.	60
Quadro 15. Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais.	76
Quadro 16. Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais.	76
Quadro 17. Grau de impacto nos biótopos transição areolares com predomínio de estruturas antroponaturais.	77
Quadro 18. Grau de impacto nos biótopos aquáticos areolares com predomínio de estruturas antropogênicas.	78
Quadro 19. Medidas mitigadoras apresentadas pela UHE constatadas em campo.	82

LISTA DE SIGLAS

AGEVAP - Agência de Bacia do Rio Paraíba do Sul
ANA - Agência Nacional das Águas.
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
APFL - Planícies fluvio-lacustre antropogênicas
APP - Áreas de preservação permanente
BDGEx - Banco de Dados Geográficos do Exército
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COPAM - Conselho de Estadual de Política Ambiental
EIA - Estudo de Impacto Ambiental
FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente
GEE - Google Earth Engine
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
LI - Licença de Instalação
LO - Licença de Operação
LP - Licença Prévia
MDE - Modelo Digital de Elevação
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PAS - Plano de Assistência Social
PCA - Plano de Controle Ambiental
PEA - Plano de Educação Ambiental
pH - Potencial hidrogeniônico
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental
SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SRC - Sistema de Referência de Coordenadas
SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
SUDECO - Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste
SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SUDESUL - Superintendência do Desenvolvimento do Sul
SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus
UHE – Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações iniciais	14
1.2. Justificativas	17
1.3. Objetivos	19
Objetivo geral.....	19
Objetivos específicos.....	19
BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS	21
2.1 Empirismo racional de Humboldt e as Zonas naturais de Dokuchaev.	21
2.2. Teoria geral dos sistemas.....	24
2.3. Geossistema	25
2.4. Biótopos	27
2.5. Histórico e funcionamento das Usinas Hidrelétricas no Brasil e em Minas Gerais.	30
2.6. As hidrelétricas e suas contradições espaciais.....	33
2.7. Parâmetros de qualidade da água	36
2.7.1. Cor.....	37
2.7.2. Condutividade.....	38
2.7.3. Sólidos dissolvidos	38
2.7.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)	38
2.7.5. Presença de macrófitas aquáticas.....	39
MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1. Organização da base de dados.....	41
3.2. Procedimentos cartográficos	42
3.3. Classificação e cartografia dos biótopos (escala de 1\50.000).	44
3.4. Procedimentos para classificação e cartografia dos biótopos na escala de 1:10.000.	46
3.5. Avaliação qualitativa dos impactos antropogênicos nos biótopos em 1:10.000.	47
3.6. Trabalho de campo.	52
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	55
4.1. Localização da área	55
4.2. Aspectos do climáticos.	56
4.3. Base geológica.....	58
4.4. Aspectos do relevo.....	58
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1. Evolução temporal do uso e ocupação da terra.....	62
5.2. Avaliação dos aspectos geomorfológicos	65

5.3. Cartografia temporal dos biótopos.....	68
5.4. Mapeamento dos biótopos na escala de 1:10.000.	76
5.5. Algumas implicações socioambientais do represamento	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS.....	93

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

É sabido por grande parte das comunidades acadêmicas e políticas que a intervenção antrópica nos meios naturais apresenta consequências - muitas vezes negativas - às comunidades bióticas e abióticas. Muito já se foi estudado e repercutido nas grandes publicações científicas, no entanto as afirmativas e justificativas que circundam as intervenções antropogênicas na natureza, poucas vezes prezam por sua qualidade ambiental e pela equidade social. Nas relações contemporâneas, o uso e ocupação da terra nem sempre se adequa às proposições dialogadas nos meios técnicos e científicos, bem como aos conhecimentos históricos tradicionais da população ocupada.

Ao passo que se avança nas proposições técnico-científicas de se manejar e interferir nas paisagens, verifica-se que possibilidades para empreendimentos elétricos se tornam cada vez mais possíveis diante da diversidade ecológica dada pelas condições climáticas nos trópicos úmidos. Em períodos turbulentos de mudanças climáticas, estar inserido na geopolítica internacional através de um alicerce paradigmático de transição energética e de modelos técnicos de inovação, no Brasil, se enxerga oportunamente um potencial crescente no empreendimento hidrelétrico.

No que tange à construção de barragens hidrelétricas, paisagens são alteradas pela sobreposição de uma massa d'água a uma superfície onde outrora atuavam processos característicos e organizados em função de uma lógica de distribuição de energia diferenciada, típica de ambientes terrestres. (Serra; Oliveira, 2019, p. 65)

No entanto, os médios e grandes empreendimentos de hidroeletricidade geram, por necessidade do represamento, alagamentos de magnitude alarmante e irreversível. Luiz Marques em seu livro “Capitalismo e Colapso Ambiental (2018), associa às categorias dialogadas pelas contradições de um período antropogênico ao ritmo acelerado na construção dos empreendimentos hidrelétricos, em que parte de seu produto mobilizado concentra grandes possibilidades de rompimento da qualidade ambiental justificadas por políticas ambientais globais.

Rios, bacias hidrográficas e ecossistemas aquáticos são os motores biológicos do planeta. Eles são a base para a vida e o sustento de comunidades locais. Represas transformam as paisagens e criam riscos de impactos que em muitos casos levaram à perda irreversível de espécies e ecossistemas. (Marques, 2018, p. 484).

As grandes represas, em sua maioria, exercem liberação de quantidades significativas dos gases metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) diluídos no interior do corpo hídrico. Quando essas águas carregadas pelos gases são atravessadas pelas turbinas, devido a diferença de pressão causadas pela movimentação repentina, esses gases são retornados em excesso à atmosfera (Fearnside, 2015). Além disso, ocorre também a ressuspensão dos sedimentos bentônicos causada pela decantação acelerada de ambientes aquáticos que foram alagados abruptamente. Isso pode significar que muitos tratados estabelecidos em diplomacias através das conferências das partes ou conferências ambientais não se adequam à realidade vivida em seu funcionamento. Ou seja, em termos de mudanças climáticas, muitas vezes, as usinas hidrelétricas são apresentadas por organizações políticas como necessárias e não agressoras aos ecossistemas, embora ao mesmo tempo se mostrem, em alguns casos, contraditórias. Luiz Marques (2018), complementa:

Mesmo que os supostos serviços prestados pelas grandes represas fossem insubstituíveis, a adaptação do homem à sua ausência seria muitíssimo mais fácil que sua adaptação aos impactos desastrosos que causam ao meio ambiente e, direta ou indiretamente, a si próprio (Marques, 2018, p. 485).

Conforme aborda Fearnside (2015), emissões provenientes de reservatórios hidrelétricos podem estar condicionadas ao próprio manejo que antecede o alagamento, visto que a retirada ou não da biomassa para a criação do reservatório, vincula-se às interferências nos sistemas de decomposição dos materiais orgânicos em ambientes anóxicos (subaquáticos) e ambientes aeróbios, que apresentam aspectos distintos nos níveis de emissão dos gases CH₄ e CO₂ na atmosfera.

Dessa forma, embora o setor hidrelétrico tenha sido historicamente associado ao paradigma das fontes renováveis de baixa emissão, o aprofundamento das investigações contemporâneas revela que existem elementos intrínsecos que acentuam as transformações ambientais e sociais em uma medida significativa. Tais evidências indicam que, apesar da viabilidade técnica e legislativa que serve de aporte para esse tipo de empreendimento, a classificação como energia “limpa” torna-se questionável sob a ótica da manutenção da qualidade ambiental. (Serra; Oliveira, 2019).

Por outro lado,

A construção de reservatórios hidrelétricos no século XX aumentou timidamente até a década de 1940, quando um grande número de hidrelétricas começou a ser instalado em diversos rios, principalmente da região Sudeste (bacias dos rios Paraná e Paraíba do Sul). Com o incentivo governamental e a elaboração de planos de aproveitamento dos cursos d'água, intensificados durante o governo de Juscelino Kubitschek, observou-se na década seguinte um aumento exponencial no número de reservatórios hidrelétricos, com a construção de quase 50 barragens entre 1950 e 1955. (Agostinho et al. 2007, p. 03).

Historicamente, o interesse pela exploração hidrelétrica concentrou-se nas regiões Sul e Sudeste, que abrigaram a maior parcela desses empreendimentos por décadas. Todavia, a pressão exercida pelo crescimento demográfico nacional exigiu um incremento na oferta energética, deslocando o eixo de expansão para novas fronteiras territoriais (Serra; Oliveira, 2019). Nesse cenário, Marques (2019) observa que, apenas em 2014, a bacia amazônica já contabilizava 105 represas operantes, com outras 254 em estágio de planejamento ou execução.

O represamento de um rio num reservatório novo normalmente leva a um aumento considerável do teor de nutrientes por causa da lixiviação do solo inundado e da decomposição da vegetação terrestre afogada. Isto pode aumentar a concentração dos nutrientes até um ponto que acarreta o crescimento maciço de macrófitas aquáticas. (Junk; Nunes de Mello, 1987, p. 136).

O processo de alteração das comunidades bióticas que estão/são direta ou indiretamente afetadas pelo represamento é oportuno para dimensionar a importância do estudo integrado da Geografia associada à cartografia temporal na investigação das alterações da biocenose associada às áreas de represamento, tanto pelo uso de indicadores biológicos como mediante tratamentos cartográficos, foco da presente dissertação.

Sendo assim, de acordo com Rodriguez et al (2010), alguns métodos fazem-se extremamente sensíveis para apreensão dos minuciosos elementos que compõem a paisagem e classificam sua espacialização. Alguns deles dependem do trabalho técnico e sequencial pela sobreposição e refinamento das informações levantadas. Inicialmente, é importante que haja uma delimitação e definição das taxonomias das estruturas paisagísticas, além da identificação dos elementos que as transformam. Posteriormente, avaliação do potencial da paisagem por meio de classificação do uso da natureza pelas atividades humanas. Por fim, a classificação analítica desses resultados.

A usina hidrelétrica Barra do Braúna se localiza na bacia do rio Paraíba do Sul, especificamente no rio Pombo, afluente da sua margem esquerda. Pode ser localizada pelas coordenadas 21° 26' 59,6" S e 42° 24' 14,4" W (WGS 84), referentes à divisa entre os

municípios de Recreio e Laranjal (MG). Sua área de alagamento abrange, também, os municípios de Leopoldina e Cataguases, localizados no mesmo estado. No caso específico da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra do Braúna, de médio porte, cuja concessão para exploração foi oficializada por decreto em 19 de fevereiro de 2001, a Agência Nacional das Águas (ANA) considerou o empreendimento apto a Licença de Operação (LO) para o uso ou intervenção nos recursos hídricos desse curso d'água somente após seu funcionamento. (Parecer nº 48/Semad/Supram Mata-Drra, 2020).

Além destes fatores, para que as principais tangentes desta pesquisa sejam alcançadas, como já brevemente destacado, é necessário compreender os elementos circunscritos na paisagem por meio de uma abordagem sistêmica, visto que a interpretação dos fenômenos - sejam eles consequentes ou fatorais - dependem da relação dos elementos entre si, associando condicionantes geomorfológicas à cobertura vegetal bem como dos impactos humanos diretamente suscitados do reservatório. Isso, por sua vez, descentraliza a ideia de perceber a paisagem por uma qualidade estática e não correlativa, afastando a interpretação dos elementos afetados por conceitos evolutivos e estruturais.

Em casos como estes, é fundamental que o conceito de biótopos seja resgatado em sua gênese, à medida que a instrução metodológica que viabiliza o desenvolvimento da pesquisa, é cartográfica e temporal. Portanto, é interessante que se interprete esses conceitos por uma perspectiva associativa de tempo e espaço, uma vez que se entende de biótopos por uma associação consonante entre o substrato físico e geomorfológico da paisagem com os efeitos bióticos que são propagados, bem como os recortes temporais em que estes destaques contrastados na paisagem possam ser percebidos.

Diante de todos esses fatores, torna-se imprescindível a realização de estudos para identificação das incongruências definidas pela conformação da paisagem delimitada. Isso pode - e deve - ser realizado por um caráter sistêmico de leitura das dinâmicas ambientais, para orientar produções científicas voltadas para a reorganização dos fatores sob uma abordagem equitativa dos elementos naturais.

1.2. Justificativas

Nesta projeção, é fundamental que o estudo temporal que se propõe seja assegurado sob o enfoque nas biocenoses mediante suas relações com o substrato físico nos casos de

empreendimentos hidrelétricos dessa magnitude, tornando oportuno a adequação do estudo investigativo-metodológico à realidade biótica e abiótica das paisagens circundantes do domínio dos “mares de morro” em Minas Gerais, que são espaços bastante recorrentes na exploração das atividades hidrelétricas.

Com isto posto, a leitura de Sochava (1971), traz que as possibilidades dialéticas entre Geografia e Ecologia permitem novas perspectivas para o estudo dos impactos ambientais. A abordagem sistêmica, por exemplo, envolve o conjunto de elementos bióticos e abióticos que são inter-relacionados na paisagem. Esses elementos podem ser investigados por pesquisas interdisciplinares baseadas em intervenções cartográficas temporais de investigação da transformação biótica com seu meio. Mapear e classificar a evolução da transformação dos biótopos, portanto, concerne a uma prática pertinente para investigação da relação e desdobramento das intervenções antropogênicas no que se diz respeito à modificação das paisagens.

Embora o intuito da pesquisa não seja a discussão epistemológica atravessada pela resignificação de sujeitos e conceitos já abordados na evolução teórico-metodológica da educação ambiental crítica, propõe-se, aqui, em outras palavras, o diagnóstico evolutivo-temporal para fins de reconhecimento e classificação dos biótopos que foram alterados pela instalação da UHE Barra do Braúna, que é necessário para o reconhecimento e compreensão dos desdobramentos antropogênicos nas paisagens de influência do represamento, tanto nas áreas emersas e submersas. Ou seja, por meio das escalas de trabalho, verificar e compilar consequências desenvolvidas nas biocenoses se faz importante para fomentar novas discussões técnico-científicas aos públicos envolvidos no reconhecimento e planejamento de melhorias da qualidade ambiental.

A cartografia temporal, portanto, é de grande valia para a avaliação das transformações ambientais em áreas submetidas a diferentes graus e velocidades de transformação, destacadamente para ambientes onde são feitos represamentos, que tem por característica alterações rápidas e profundas nos aspectos estruturais e dinâmico-funcionais da paisagem. Sendo o biótopo um conceito importante e histórico na Biogeografia, avulta-se também uma justificativa de cunho metodológico, voltada para a classificação e cartografia de tais estruturas espaciais, projetando-se assim uma contribuição para o desenvolvimento metodológico da cartografia ambiental em geral e da cartografia biogeográfica em específico.

1.3. Objetivos

Objetivo geral

Compreender a evolução dos biótopos sob influência da UHE Barra do Braúna, evidenciando as alterações bióticas e geomorfológicas ocorridas entre 1985 e 2023. A investigação prioriza a distinção entre a paisagem em seu estado anterior à criação do reservatório e o quadro ambiental instaurado no período subsequente, analisando os impactos da transformação na paisagem.

Objetivos específicos

- Discutir o papel da escala na cartografia de biótopos em duas escalas distintas (1\50.000 e 1\10.000);
- Cartografar espaço-temporalmente as transformações nos biótopos;
- Enfatizar as transformações ocorridas no entorno direto da represa;
- Discutir os impactos humanos decorrentes do represamento;
- Discutir os dados levantados pela análise da água.

2. BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS

2.1 Empirismo racional de Humboldt e as Zonas naturais de Dokuchaev.

Em tempos de alterações nas paisagens naturais que começaram a ser provocadas pela Revolução Industrial do século XVIII, e que intensificam-se atualmente, Cavalcanti e Correa (2014), alertam que ocupações humanas em sistemas ambientais oferecem crescentes subsídios para oferta de produções científicas para melhor manejo desses elementos. Pois, diante das distintas variações terminológicas que designam o trabalho da síntese naturalista, a noção de áreas naturais homogêneas e a organização hierárquica destas áreas são as duas principais ideias subjacentes ao plano.

Diante das similaridades definidas pelo avanço dos estudos concernentes às paisagens naturais, Cavalcanti e Corrêa (2014) defendem que existem três principais proposições que distinguem as sínteses naturalistas, sendo elas: a biocêntrica, em que consiste na representação das áreas homogêneas utilizando as relações ecológicas da biocenose ao ambiente das atividades. Das proposições relacionadas ao uso da terra, que confirmam, sobretudo, a análise indistinta da relação solo-paisagem; e, por último, a proposição pragmática, que ganha espaço nas literaturas da época através das dialógicas obras de Humboldt e Dokuchaev. É nesse elenco e transição fenomenológica de sistematização das paisagens naturais, que os primeiros traços que configuram a geografia física moderna são acrescentados à ciência da paisagem.

No século XVII, de acordo com Miranda (1977), os estudos concernentes à natureza foram ressignificados para dar espaço ao racionalismo. No que diz respeito à incorporação das ciências matemáticas e físicas nas interpretações das relações e fenômenos que circundam as particularidades físicas do espaço, foi apenas no final do século seguinte que se iniciou o processo de sistematização científica, configurando a ciência moderna (VITTE; DIAS, 2010). Esse ideal foi marcado pelo desenvolvimento das ciências naturais e pela valorização metódica e particular da natureza, o que rompeu o paradigma da compreensão descritiva dos espaços físicos evidenciada pela revolução científica do século anterior. Essas sobreposições metodológicas marcam uma gradativa transição da compreensão reduzida a entidades quantitativas dos fenômenos para “*un nuevo camino a la investigación y también un nuevo espíritu que pide su reconocimiento, la legitimación de su peculiaridad y su vigencia metódica*” (CASSIRER, 1972, p. 95).

No que tange a essa ruptura, Humboldt surge no cenário científico em desacordo com as proposições idealistas dos séculos XVII e XVIII. Nesse período, visualizava-se a ampliação de complexidades afastadas de um racionalismo absoluto, as quais foram inseridas nas perspectivas teórico-metodológicas do romantismo alemão, em consonância com o seu viés empirista (Miranda, 1977).

O lado empirista de Humboldt faz com que a sua objetividade na análise tenha grande importância em seu método. A experiência é parte fundamental do conhecimento: a busca e a coleta de dados empíricos combinados e refletidos pela razão compõem aquilo que ele denominou “empirismo racional”. (Brito, 2015, p. 198).

Nessa mesma linha, Miranda (1977) evidencia que as obras de Humboldt articulam-se segundo as leis que regulam o desenvolvimento contínuo da natureza em seu estado complexo, classificando-as progressivamente com o intuito de minimizar possíveis deduções que se distanciam da compreensão particular das propriedades e suas relações. Esse tipo de relação, nos séculos posteriores, torna-se de suma importância para a apreensão das inconstâncias dos fenômenos naturais, inspirando outras proposições metodológicas para a multidisciplinaridade no estudo das particularidades da natureza.

Todas las tareas científicas que realiza van encaminadas al descubrimiento de las leyes que regulan el continuo desarrollo de la naturaleza, y una vez descubiertas y generalizarlas progresivamente. Todo análisis que se aparte de este planteamiento pertenece al terreno de la pura especulación y, por consiguiente, se aleja del mundo material y de las propiedades de la materia. Este principio fundamental en la ciencia de Humboldt pone al descubierto su método inductivo de trabajo, destacando que la garantía de la verdad en torno a la naturaleza no tiene carácter deductivo, sino que es una conclusión que va de la parte al todo para no impedir el desarrollo de la ciencia. (Miranda, 1977, p. 4)

Assim, como destaca Brito (2015), Humboldt procurou concatenar a filosofia alemã à ciência moderna por meio da ordenação dos diferentes fenômenos naturais, utilizando comparações entre eles, nas quais se destacam a compreensão particular dos contrastes e as similitudes da generalização da parte ao todo. Por isso, nos tempos de rupturas e ressignificações entre as vertentes fenomenológicas do racionalismo e do idealismo - no limiar entre a descrição absoluta e o racionalismo empírico - as obras do naturalista permitem alinhar as incongruências em uma medida dialógica entre as esferas científicas contrapostas (VITTE; DIAS, 2010).

Associado a isso, conforme os autores (Vitte e Dias, 2010), apesar de as inspirações teórico-metodológicas aperfeiçoadas por Humboldt terem sido objetos de estudos epistemológicos em diferentes épocas históricas da ciência, esses acontecimentos refletem um conflito progressivo das ocupações prioritárias nos estudos concernentes à relação dos elementos da natureza, evidenciando a complexidade nos ajustes entre interesses acadêmicos, políticos e científicos. Nesses casos, a ciência humboldtiana, de acordo com Vitte e Dias (2010), compreende como aspecto central do conceito de unidade, o qual evidencia o estudo relacional dos elementos da natureza ao incorporar o saber empírico à imaginação. Portanto, nas camadas limítrofes das interferências entre os planos metodológicos, viabiliza-se - por meio dos ajustes, das superações e das rupturas na construção do pensamento científico - a estruturação do conceito de Paisagem proposta por Humboldt, que advém do balanço entre a subjetividade e a objetividade, à medida que seus elementos são parte de uma totalidade independente.

Humboldt, nos anos seguintes, tendo em vista a noção de unidade desenvolvida em seus trabalhos, fundamenta a compreensão da distribuição das vegetações em relação direta com as variáveis latitudinais e altitudinais, as quais foram extremamente importantes para a época, bem como para o estudo incipiente dos tipos zonais e azonais das paisagens, cujo compreende-se a partir da similaridade da distribuição de elementos naturais do clima, da vegetação e da fauna. Nesse caminho, o arcabouço teórico-conceitual trazido pela geografia russa de Dokuchaev contribui para os estudos na mesma medida pragmática exposta pelas obras de Humboldt na Europa.

Os estudos propostos pelo naturalista russo são originados a partir das mudanças nas estruturas sociais, das variações climáticas do hemisfério norte, como também das intensas transformações políticas concernentes às rupturas ideológicas dos séculos XVIII e XIX. Dokuchaev liderou expedições científicas com a publicação de obras, como o estudo do solo associado à agricultura em um período problemático da produção agrícola (Cavalcanti; Corrêa, 2014).

Sob influência dos estudos naturalistas da Alemanha nas décadas passadas, Dokuchaev propõe o conceito de zonas naturais de acordo com a discussão das relações entre os fenômenos que constituem a ciência natural. Devido à necessidade de desenvolver meios eficazes para se estudar as grandes extensões do território, as zonas naturais aludem a áreas de interação homogênea entre os componentes da natureza, “diferenciadas entre si conforme o clima, o

relevos, os solos, a fauna e a vegetação (Cavalcanti; Corrêa, p. 401, 2014). Isso ocorre de forma a “compreender que as unidades naturais formam complexos de diferentes níveis hierárquicos e que esses complexos estão subordinados uns aos outros” (Moreira; Oliveira; Cavalcanti, p. 17, 2019).

O arcabouço teórico trazido pelo naturalista russo fomentou trabalhos como a teoria da paisagem de Berg (1915) (Frolova, 2007) e a teoria de geossistema de Sochava (1978), as quais aproximaram a síntese conceitual da particularidade nas relações dos fenômenos da natureza aos estudos da ciência geográfica e da ciência das paisagens, configurando a base teórico-metodológica utilizada nesta pesquisa. (Cavalcanti, 2010).

2.2. Teoria geral dos sistemas

Ludwig von Bertalanffy, em 1937, influenciado pela necessidade de se desenvolver uma abordagem metodológica que assentisse o diálogo concomitante do meio físico com o meio biológico, passa a definir, em seu primeiro trabalho (“*Allgemeine Systemtheorie*”), que a compreensão de aspectos gerais da natureza como unidades de um sistema complexo e aberto, são fundamentais para compreensão dos elementos em constante interação. Isso pode ser visto como uma ferramenta metodológica capaz de fornecer modelos a serem utilizados em diferentes campos, inspirando diferentes pesquisas a partir das ontologias salientadas na superfície dos estudos. (Vale, 2012).

Nesta categoria, de acordo com Vale (2012), os sistemas apresentam momentos de entradas (*input*) para todas as percepções que deflagram o princípio do movimento, como os rios recebendo a precipitação, a energia solar assimilada e os sedimentos depositados na calha de um rio. Em destaque a isso, consideram-se os sistemas como parte indissociável de um todo complexo em que a saída de um sistema, por exemplo, pode ser a entrada de outro. Nessa ideia, identifica-se o momento de saída (*output*).

Praticamente, a totalidade dos sistemas que interessam ao geógrafo não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um universo maior. Esse conjunto maior, no qual se encontra inserido o sistema particular que se está estudando, pode ser denominado de universo, o qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos que, através de suas mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema focalizado, e também de todos os fenômenos e eventos que sofrem alterações e mudanças por causa do comportamento do referido sistema particular. (Chistofolletti, 1979).

A incorporação dessa abordagem pela ciência geográfica perpassou historicamente por pequenas inserções gradativas entre as propostas metodológicas da geografia física e da ecologia. Foi por meio da ampliação do conceito de ecossistema, desenvolvido justamente pela capacidade dialógica entre as ciências, que ambas passaram a discutir sobre o conceito de ecologia da paisagem. Portanto, a compreensão do desenvolvimento da geografia física foi melhor contemplada nos estudos concernentes ao espaço quando verificados pelo arcabouço teórico-metodológico da abordagem sistêmica, a qual dialogava a partir das variações multifacetadas que a superfície terrestre evidencia, tornando possível os encontros na paisagem em função de suas relações entre si. De acordo com Vale (2012), trabalhos como: Forman e Godron (1986); Chorley e Haggett (1974), foram contribuições significativas para a aproximação das inferências hierárquicas e generalistas trazidas por Humboldt e Dokuchaev até o desenvolvimento dos sistemas por Bertalanffy (1968), e sua assimilação pela ciência geográfica no século XX.

Sob essa perspectiva, a abordagem sistêmica em geografia colaborou significativamente para a produção de pesquisas e trabalhos cujo objetivo é proporcionar a leitura dos sistemas ambientais por meio da compreensão das interações e relações entre os diferentes elementos que os compõem. Nesse sentido, Vicente e Perez Filho (2003) exemplificam a aplicação do método sistêmico em algumas etapas como: investigação da relação integrada entre sociedade, natureza e economia; investigação dos elementos sob enfoque das biocenoses e zonas de sustentação em interação, que, nas suas diferentes formas de interação, compõem a construção teórico-metodológica da pesquisa.

2.3. Geossistema

Sochava (1977) defende que os geossistemas partem de uma relação que se articula com a interpretação dos fenômenos naturais por meio das relações abióticas (mudanças de umidade e regime de salinidade dos solos, modificações da vegetação, poluição do ar) com os fenômenos da biota. Por outro lado, a teoria geossistêmica estabelecida por Bertrand, além das relações de diferentes naturezas, também é definida por níveis hierárquicos de classificação da paisagem natural (Rodriguez et al., 2015).

Sochava interpreta os espaços ou as paisagens naturais desde um ponto de vista sistêmico. Ele considera o geossistema como “o espaço terrestre de todas as dimensões, onde todos os componentes naturais individuais encontram-se numa relação sistêmica uns com os outros e,

como integridade, interatuam com a esfera cósmica e com a sociedade humana. (Rodriguez et al., 2015, p. 227).

De acordo com o autor, as subdivisões categóricas e estruturais de um geossistema revelam-se através das funções estabelecidas pela interpretação da paisagem natural, como, por exemplo, os sistemas geotécnicos (*checked landscapes*) que configuram a conceitualização e a nomenclatura exposta, como reduções espaciais concernentes à viabilização da técnica a partir de sua localidade, e os geossistemas controlados, que são divididos em controles “episódicos” ou “constantes”. O primeiro com função de estudar a interferência no sistema ambiental que expressa a natureza criativa de uma nova paisagem, o segundo com intuito de estudar as relações periódicas e constantes que fazem parte da conformação da paisagem. Há também os sistemas territoriais-industriais que se revelam a partir da categorização do sistema natural em conformidade ao seu desenvolvimento regional.

Ainda, definir as categorizações substanciais do estudo dos geossistemas não isola a realidade de haver um sistema geral que englobe as proposições de maneira legítima em um complexo interativo dos elementos que compõem a paisagem. Nesse sentido, entendem-se tais afirmações como um Sistema Total: “sistema relativamente complicado, impregnado de dinâmica global ecológica - sócio - econômica” (Sochava, 1977, p. 8), que se desenvolvem ao longo do tempo, inerentemente às modificações concernentes ao ambiente externo do geossistema, influenciando gradativamente na evolução dos elementos da estrutura da paisagem. Por outro lado, nas interações internas, permeiam-se de acordo com os níveis topológicos regionais. Dessa forma, sob as mesmas razões, as simultaneidades (internas e externas) sistêmicas são encontradas no desenvolvimento do espaço geográfico, à medida que sua homogeneização e diferenciação são discutidas em acordo com as manifestações inseridas ou presentes na paisagem. (Sochava, 1977)

Conforme Ross (2006), o geossistema ocupa-se, além disso, de estudar a organização da natureza não a partir dos seus elementos justapostos e somados indiferentemente, mas através da conexão e da simultaneidade que são exercidas na e pela paisagem. Com base nisso, o geossistema pode possuir dois diferentes - porém plenamente correlacionados - tipos: biostasia e resistasia.

Ainda conforme o autor, os geossistemas em biostasia costumam não apresentar classes bem destacadas na paisagem, com grandes impactos notáveis na estrutura biótica associada ao seu suporte. No entanto, os elementos, quando estão em resistasia, costumam ser destacados

pelo próprio contraste de sua conformação natural à medida que as transformações na paisagem são desenvolvidas, assumindo uma feição bem delimitada. Isso posto, o estudo da paisagem com enfoque geossistêmico permite, diferentemente das outras categorias substanciais advindas do idealismo histórico, observar a configuração da realidade por meio de sua totalidade e não limitada ao isolamento das biocenoses, sem levar em consideração os aspectos antropogênicos.

A estrutura de um geossistema, de acordo com Cavalcanti (2010), pode ser definida a partir de sua relação com dimensões: materiais, que são concernentes à estrutura da composição química, em que cada uma dessas variáveis é chamada de geocomponentes; espaciais, que podem se diferenciar em estrutura espacial vertical (conjunto da biomassa, litomassa, hidromassa e aeromassa) e estrutura espacial horizontal (mapeamento das unidades da paisagem); e, por fim, as temporais, que relativizam o tempo em função de suas rupturas na totalidade do sistema.

É a partir desses encontros na paisagem que se pode perceber que as estruturas definidas por Cavalcanti (2010) são inspirações metodológicas para a classificação dos elementos a partir da sua transmutação ao longo do tempo e sua expressão na superfície da Terra. Isso se deve ao fato de que os geossistemas são estruturas abertas e cíclicas, passíveis de rupturas por aleatoriedades externas relacionadas aos seus períodos de estabilidade.

Geossistemas abrangem complexos biológicos, possuem uma organização de sistemas mais complicada e, em comparação com os ecossistemas, têm capacidade vertical consideravelmente mais ampla. (Sotchava, 1977, p. 17).

Posto o diálogo de Sochava (1971; 1977) e Cavalcanti (2010), nota-se que as possibilidades dialéticas entre geografia, paisagem e ecologia permitiram a associação da estrutura teórico-metodológica quantitativa e qualitativa para o estudo dos impactos ambientais. Isso foi feito por meio da inserção engajada das atribuições geossistêmicas na identificação dos fenômenos naturais que se ajustam conforme a homogeneidade e a diferenciação hierárquica dos elementos sobrepostos na paisagem geográfica. Essas tarefas são corriqueiramente necessárias na compreensão das influências derivadas das atividades antropogênicas notadas no espaço interativo entre a biocenose e a topografia regional.

2.4. Biótopos

O processo de conceitualização dos biótopos, contemporaneamente, é fruto de uma desvinculação do conceito de ecossistemas, visto que sua natureza passa a incorporar na interpretação da paisagem naturais, o conjunto de relações abióticas e bióticas em função de sua área. Nesse sentido, considera-se por biótopos, a associação entre um inventário de fatores físicos (salinidade, profundidade, substrato, forma do relevo, temperatura da água, turbidez entre outros) e um inventário de características biológicas (espécies características, cobertura de macrófitas, estrutura da comunidade, entre outros). (Olenin; Ducrotoy, 2006)

Nas últimas décadas, as técnicas voltadas para o mapeamento de biótopos têm se mostrado eficazes ferramentas metodológicas na aplicação da cartografia no estudo da paisagem. Essencialmente, esse tipo de abordagem analisa as unidades taxonômicas no espaço e as classifica de acordo com os aspectos físicos, buscando a identificação dos padrões de uso e ocupação da terra. Nessa leitura, os biótopos consistem em elementos da paisagem que podem ser identificados de maneira escalar, considerando suas interações com o relevo, tipo de solo e níveis de vegetação (Marques Neto, 2015).

No que tange a isso, o conceito de biótopos, de acordo com Bedê et al. (1997), é difundido sob a perspectiva de um espaço em que pode haver vida, mas não necessariamente abrigando a biocenose. Nessa proposta, as atividades bióticas são de relação inerente às conformações espaciais da paisagem regional, verificando a aproximação dos estudos concebidos a partir da relação entre os elementos, que não necessariamente dependem entre si para existir, mas que são intrinsecamente relacionados em função da ocupação desse espaço. Os parâmetros diferenciadores dos diversos tipos de biótopos dão-se a partir de sua estrutura física, onde, dependendo do caso, a divisão do espaço é comprometida pela cobertura vegetal e pelas formas de manejo incidentes: “Enfim, uma dada paisagem, em função de características da sua cobertura, pode ser representada por um conjunto de biótopos” (Bedê et al., 1997, p. 18).

Nestes casos, Marques Neto (2015), em diálogo com Zonneveld (1979), acrescenta que os biótopos são ecologicamente semelhantes entre si e que possuem um conjunto de relações funcionais, o que torna ainda mais interessante a utilização de métodos cartográficos sistêmicos para a interpretação das dicotomias presentes na paisagem. Isso representa que a análise da distribuição diversa de biótopos em um dado recorte espacial deflagra a necessidade da

interpretação da paisagem delimitada, classificando a vegetação inserida nas condições impostas por aquele espaço geográfico. Portanto, o mapeamento de biótopos referenciado em bases geossistêmicas pode oferecer informações interessantes sobre as dinâmicas e transformações espaciais na área.

Sob essas condições, a metodologia cartográfica tem se mostrado ferramenta plenamente oportuna e conveniente para a produção de estudos concernentes à ocupação dos sistemas ambientais. Os casos de projetos de mineração e geração de energia, planejamento e preservação ambiental, reabilitação ambiental, desenvolvimento urbano e rural, lazer e turismo, planos diretores e expansão urbana, base para elaboração de leis orgânicas, base para diagnóstico e zoneamento de unidades de conservação, são cabíveis de se executar sob os parâmetros definidos pelas cartografias (Bedê et al., 1997). A caracterização e classificação dos biótopos em uma medida sistêmica permitem a leitura completa e integrada dos elementos que compõem a organização fitofisionômica da paisagem, em que se notam, quase que evidentemente, os possíveis graus de interferência antropogênica por meio da evolução dos elementos bióticos e abióticos em seu espaço (Marques Neto, 2015).

O mapeamento e o estudo de biótopos não têm por finalidade somente registrar sua ocorrência mas, numa visão mais ampla, significa preservar, manejar corretamente e mesmo recuperar essas áreas. (Troppmair, 1984, p. 59).

Para esses casos, de acordo com Bedê et al. (1997), a divulgação dos dados obtidos e classificados por esse tipo de pesquisa também evidencia problemas e possíveis resoluções do distúrbio ecológico associado ao seu relevo, delimitando espacialmente a evolução e a transformação dos biótopos que foram abruptamente interrompidos ou desenvolvidos por processos antropogênicos. Portanto, trata-se de uma construção sólida de possíveis aplicações no meio acadêmico, político e das engenharias. Estudos concernentes às obras de Rodriguez et al. (2010) e Marques Neto (2015) verificam a importância de que os resultados obtidos pela pesquisa sejam sequencialmente trabalhados por uma síntese particular de sua totalidade, bem como geossistêmica. As pequenas partes que configuram a paisagem e um sistema devem ser compreendidas por uma análise de unidade e totalidade, na qual as pequenas partes apenas configuram a feição de uma estrutura que está relacionada entre si.

No Brasil, foi Helmut Troppmair (1984) quem divulgou inicialmente a perspectiva da classificação de biótopos, entendendo por biótopo o espaço ocupado por uma determinada biocenose com seus diferentes tipos de vida, abrangendo aspectos estruturais abióticos e

bióticos em equilíbrio. Sob esse enfoque, alguns aspectos devem ser focalizados: geoambientais, ecossistêmicos e populacionais, como base para o planejamento processual e abrangente da paisagem. Os aspectos geoambientais são definidos por: área ocupada; altitude maior, média e menor; caracterização geomorfológica; caracterização pedológica; caracterização climática. Os aspectos ecossistêmicos são definidos por: ecossistemas existentes; formações vegetais; estrutura e fluxos energéticos; grau de interferência antrópica. Já os aspectos populacionais se referem à listagem da flora, da fauna, e das espécies ameaçadas. Embora em suas similaridades, esses elementos constituem diferenciações na paisagem, a atuação de cada um deles estabelece inferências entre si, inerentemente à perspectiva focalizada para os estudos. Portanto, verifica-se, a partir daqui, a função estrita da geografia em analisar suas principais relações ao longo do tempo, viabilizando a atuação consonante das classificações inseridas no escopo dos espaços delimitados.

Nessa proposta, trabalhos como os de Karl F. T. Dahl em 1908; Helmut Troppmair (1984); Bedê et al. (1997), reforçam a inserção processual do conceito de paisagem como parte integrante nos conceitos trazidos pela ciência geográfica na abordagem da ecologia da paisagem, posteriormente denominada de geocologia da paisagem (Barbosa; Gonçalves, 2014). Essas obras foram fundamentais para o trabalho da geografia no estudo incipiente dos fenômenos de um sistema ambiental influente e influenciado pelas atividades das biocenoses naturais e atividades humanas, inspirando a construção e promulgação multifacetada de maneiras e medidas para aplicação do estudo das manifestações contemporâneas de ocupação das paisagens. Seja através de cartografias multidisciplinares, classificações qualitativas, estudos coletivos ou de imageamento orbital, tais ações se mostram oportunas na tentativa de mitigação dos distúrbios suscitados por exposições antropogênicas na paisagem.

2.5. Histórico e funcionamento das Usinas Hidrelétricas no Brasil e em Minas Gerais.

As usinas hidrelétricas no Brasil atual não são plenamente compatíveis com a intencionalidade de sua criação no passado, visto que uma das principais características era inviabilizar os efeitos danosos da água em territórios específicos, objetivando o manejo dos corpos hídricos como medidas projetivas para diversos outros fins, como, por exemplo, o controle de cheias; irrigação; pesca; recreação e geração de energia (César; Keles et al., 2020). Não obstante o que se visualiza na contemporaneidade, costumam ser recorrentes represamentos para abastecimento de outros tipos de produção primária, elaborando pequenas

zonas de abastecimento ao longo de todo o território nacional. Nessa perspectiva, “as barragens já inundaram 3,4 milhões de hectares de terras produtivas e desalojaram mais de um milhão de pessoas no país.” (Zhour e Oliveira, 2007, p. 121).

O cenário geopolítico nos princípios do século XX foi orientado pela modernização produtiva e pelas relações comerciais para além das fronteiras nacionais, o que desencadeou um modelo econômico e político a ser seguido diante das categorias de produção de um país. No Brasil, o cenário se reproduz e acentua-se sobretudo nos meados do mesmo século, com a Segunda Guerra Mundial, quando a aplicação da política administrativa no governo de Getúlio Vargas (1930-1945) de promoção do desenvolvimento industrial, junto com a ordenação do Código das Águas (1934), centralizou o processo de exploração hidrelétrica no Estado. Somada à escassez produtiva da guerra e à minimização dos investimentos externos, a prática passa a se expandir. Anos após, durante o governo de Marechal Dutra (1945), o primeiro programa de planificação da economia brasileira contribuiu ainda mais com o desenvolvimento e com a expansão das iniciativas hidrelétricas para diferentes regiões do Brasil, como Minas Gerais, a região do São Francisco e o Ceará (Zhour e Oliveira, 2007).

A primeira barragem hidrelétrica do Brasil, foi a barragem do Ribeirão do Inferno no rio Jequitinhonha em Minas Gerais, edificada em 1883 para fornecer energia para uma mina de extração de diamantes. A construção dessa barragem advém apenas um ano depois da inauguração da primeira barragem hidrelétrica do mundo em Appleton, Wisconsin, nos Estados Unidos. Em 1889, foi inaugurada no rio Paraibuna, em Minas Gerais, a primeira usina de grande porte na América do Sul, a chamada "Marmelos. (Oliveira, 2018, p. 321).

O regime de acumulação no Brasil intensificou as disparidades entre as regiões, demandando que o Estado estabelecesse mecanismos de controle territorial para viabilizar o projeto do desenvolvimento nacional. Essa postura foi exercida por meio de um planejamento regional estruturado em grandes projetos de investimento, nos quais a cooperação entre o setor público e capitais privados - tanto nacionais quanto estrangeiros - tornou-se a base da execução das obras. Tal modelo de gestão buscou integrar o território a planos econômicos específicos, como a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE); Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM); Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA); Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO); e a Superintendência do Desenvolvimento do Sul (SUDESUL), condicionando o avanço dos empreendimentos ao cumprimento de diretrizes administrativas legais, além de ofertar geração de empregos e desenvolvimento regional (Bortoleto, 2001).

Ainda conforme Bortoleto (2001), torna-se evidente que a garantia de expansão dos grandes empreendimentos no território nacional apoiou-se em uma retórica desenvolvimentista que centralizou, na intervenção estatal, medidas de garantia da soberania e integração econômica. Na prática, contudo, esse processo ocorreu de forma autoritária, caracterizado pela ausência de transparência e pela falta de estudos sobre as transformações ecológicas e sociais nas áreas de influência. O planejamento negligenciou o diálogo com os atores sociais envolvidos, o que impactou de maneira significativa a resistência das populações locais a projetos da mesma estirpe.

Diversas outras variáveis externas à planificação industrial foram fundamentais para a consolidação das hidrelétricas no Brasil. A geopolítica do século XX, marcada por conflitos mundiais, mediou o acesso a inovações e capitais estrangeiros essenciais para as obras. Somados a isso, o domínio de conhecimentos técnicos específicos e a correlação de forças em âmbito local definiram o ritmo de surgimento de novas companhias. Dessa forma, a implementação de complexos hidrelétricos no território brasileiro promoveu rupturas profundas nas paisagens e nas lógicas produtivas, resultando na supressão de habitats e no desenraizamento de inúmeras comunidades. Esse cenário de degradação socioambiental, cujos efeitos ainda reverberam na sociedade, atuou simultaneamente como fomento para a coletivização de resistências sociais. Tais mobilizações foram fundamentais para instituir marcos regulatórios e institucionais que hoje condicionam a construção de infraestruturas no país (Oliveira, 2018).

Atualmente, de acordo com Barros e Sylvestre (2004), em Minas Gerais, a elaboração do programa de licenciamento ambiental para a instalação de UHEs em âmbito estadual se dá pela formalização deliberada pelo Conselho de Estadual de Política Ambiental (COPAM) junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), em que operam processualmente para a verificação da qualidade do empreendimento. Para que a usina possa atuar, é necessária a confirmação de legitimidade e as quitações legislativas com as competências exigidas na elaboração do contrato de concessão; Estudo de Impacto Ambiental (EIA); Relatório de Impacto Ambiental (RIMA); realização de audiências públicas; obtenção da Licença Prévia (LP); Plano de Controle Ambiental (PCA); Licença de Instalação (LI); Plano de Assistência Social (PAS) e Licença de Operação (LO). Neste âmbito, em caso de não cumprimento das normas, o Estado assegura o direito de interrupção ou cancelamento da licença, o que impede os avanços dos projetos das empresas solicitantes.

Nessas diretrizes, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 217 (2017), o tipo de empreendimento, o porte e a localização definem o modelo de licenciamento e o órgão a ser consultado em âmbito estadual ou federal, definindo seu potencial poluidor ao levar em consideração as distintas ocupações e interferências no sistema ambiental, diferenciando-as em pequeno (P), médio (M) ou grande (G). Quanto aos critérios locais, referem-se à relevância e à sensibilidade dos componentes ambientais que os caracterizam, sendo-lhes atribuídos pesos 1 (um) ou 2 (dois). Cada um desses visa qualificar o empreendimento através de seu potencial de impacto socioambiental, em que se leva em consideração, por exemplo, impactos sísmicos e ruídos, poluição atmosférica e das águas subterrâneas e superficiais, comprometimento geológico e geomorfológico, patrimônios espeleológicos, entre outros.

2.6. As hidrelétricas e suas contradições espaciais

No Brasil, a maior parte da produção elétrica advém das usinas hidrelétricas que, na maior parte das vezes, são expostas como referência nos planos alternativos de um potencial sustentável na produção de energia (Marques, 2015). Contudo, como já abordado anteriormente e retomado neste capítulo, os desdobramentos de sua imposição nas paisagens vão além de sua estrutura de instalação. O potencial de rompimento da ordem natural dos sistemas é involuntariamente incapaz de minimizar a diminuição da biodiversidade devido ao reservatório.

Parte das políticas voltadas para a desaceleração das mudanças climáticas é exposta por um viés limitado às práticas conservacionistas das paisagens e suas biocenoses. A principal ideia que se observa é a flexão do conceito de sustentabilidade, calcada na utilidade progressiva dos sistemas ambientais conforme sua aplicabilidade nos ensaios sobre o meio ambiente. Eles são principalmente realizados por meio de conferências e pactos políticos, nos quais se verificam novas prioridades na minimização dos impactos ambientais.

O Pacto Global, juntamente com a Agenda 2030, é composto por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que evidenciam um conjunto substancial de ações voltadas para a erradicação da pobreza, a preservação ambiental e o enfrentamento das mudanças climáticas. Essas medidas esboçam, também, a meta de ampliar significativamente a presença de fontes renováveis na matriz energética global, com ênfase em alternativas como as energias solar, eólica, hidrelétrica e a biomassa.

Parte daqui uma das premissas sobre a transição energética. Quando se analisam historicamente as políticas trazidas pela Conferência de Estocolmo (1972); pelo Protocolo de Montreal (1989); pela Agenda 21 (1992); pelo Protocolo de Kyoto (1997); pelo Protocolo de Cartagena (2002) e pelo Acordo de Paris (2015), nota-se que o discurso de sustentabilidade é severamente alterado ao longo dos anos por meio de sua aplicação no recorte temporal inserido. Isto é, as rupturas marcadas nas dinâmicas socioeconômicas e socioambientais globais advêm da estruturação das políticas de organização das atividades mundiais por meio da valorização prioritária do desenvolvimento, e não do sustentável. Isso pode ser verificado em um dos objetivos da Agenda 21 (1992), que diz:

(B): Aperfeiçoar o acesso aos mercados das exportações dos países em desenvolvimento. (C): Aperfeiçoar o funcionamento dos mercados de produtos básicos e adotar políticas saudáveis [...] com vistas a otimizar a contribuição do setor dos produtos básicos ao desenvolvimento sustentável. (Agenda 21, 1992, p. 4).

De que maneira otimizar o empreendimento no setor de produtos básicos em países em desenvolvimento pode fomentar o desenvolvimento sustentável, se não o enriquecimento próprio? Oferecer subsídios para a produção de matéria-prima realça a noção de exploração dos recursos sociais e ambientais enfatizados atualmente, o que promove a desvalorização dos produtos de países alheios à lógica comercial. Sem contar que os países em desenvolvimento são os que mais sofrem com os impactos ambientais e os que menos produzem poluição (Marques, 2015). O fomento à produção de energia hidrelétrica trata-se de mais um caso de exploração dos recursos primários dos países em desenvolvimento, que oferecem um potencial gigantesco de produção energética e oferta de mão de obra barata. Essa dinâmica é conferida por meio do pressuposto do “sustentável” e da “transição” para deflagrar novos meios de utilização dos recursos naturais ainda existentes.

A hidreletricidade se constitui numa alternativa de obtenção de energia elétrica a partir do aproveitamento do potencial hidráulico de um determinado trecho de um rio, normalmente assegurado pela construção de uma barragem e pela conseqüente formação de um reservatório. (Bermann, 2007, p. 139).

O crescimento exponencial das usinas, de acordo com Marques (2015), pode ser justificado pela grande malha hídrica em território brasileiro, o que pressupõe o potencial de produção energética. Só no ano de 2014, foram contabilizadas 105 represas na Bacia Amazônica e outras 254 em construção ou em fase de projeto. Fearnside (2013) afirma que grande parte dos dados brasileiros de emissão de gases de efeito estufa apresentados não levam

em consideração o gás metano (CH₄) produzido nas zonas de alta pressão no fundo das represas. Estas contêm grande concentração de metano diluído e, quando passam pelas turbinas, a pressão se alivia e o composto se propaga. Isso significa que muitos tratados estabelecidos em diplomacias, através das conferências das partes ou conferências ambientais, não se adequam à realidade diagnosticada nos desdobramentos influentes do reservatório. (Marques, 2015).

Isso pode ser percebido na crescente invisibilização dos estudos projetivos e de percalços à legitimidade ambiental diante do potencial elétrico dos projetos e construções interioranas de médio porte, como a UHE Barra do Braúna, que são instaladas em lugares remotos e de difícil acesso para os trabalhadores e para a circulação dos recursos financeiros e de manutenção. Muitas dessas áreas não comportam estradas nem possuem a infraestrutura necessária para assegurar esse novo consumo da paisagem, gerando consequências em escalas sistêmicas, nas quais cada um dos elementos circunscritos na paisagem será afetado em uma medida mais acelerada do que a capacidade de minimização dos danos.

É, em certa medida, extremamente associativo que o equilíbrio ecológico da extensão que delimita a área da bacia hidrográfica esteja diretamente ligado à qualidade e ao funcionamento do sistema. Isso pode ser visto, por exemplo, na cobertura do solo, que regula a taxa de infiltração e lixiviação, ou seja, áreas com maiores extensões de cobertura vegetal oferecem maior proteção contra o escoamento superficial, minimizando a ocorrência de processos erosivos (Salomão, 1999). Portanto, o funcionamento e a integridade da cobertura vegetal dependem da sua correlação com os processos de antropização e com as modificações das paisagens produzidas pelas construções. A ocupação não projetiva dos sistemas ambientais de uma bacia hidrográfica impacta diretamente na gestão de seus recursos naturais, o que pode causar danos à qualidade do ciclo hidrológico que abastece o regime (Botelho e Silva, 2010). Neste caso, o condicionamento associativo das transformações que interferem no espaço geográfico é autodescritivo quando refletido nos arranjos de uso e cobertura, dos biótopos e da vegetação predominante.

O rio Pomba, principal fluxo hídrico da bacia, possui um extenso histórico de inundações e enchentes. Um dos principais eventos meteorológicos datados foi o caso do município de Santo Antônio de Pádua, localizado no Noroeste Fluminense, que sofreu, de acordo com o Corpo de Bombeiros local (2008), uma das maiores enchentes já vistas pela população, com uma inundação de 5 metros acima do nível médio do rio. Tal ocorrido reflete

a diferença entre os ajustes simultâneos dos elementos naturais e a integridade física dos componentes e populações afetados pelos desdobramentos da natureza. Nessa conduta, torna-se de suma importância direcionar esforços ajustados ao reconhecimento das configurações, tipos e arranjos dos biótopos para melhor subsistência da dinâmica socioambiental.

2.7. Parâmetros de qualidade da água

Os diferentes elementos que influenciam as características da água podem ser descritos através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Estas métricas funcionam como indicadores de qualidade, permitindo identificar as alterações na pureza da água e compreender a dinâmica dos componentes presentes no meio aquático de forma associativa. Dessa forma, como ilustrado no Quadro (1), no que concerne aos atributos físicos, a investigação entra em vigor por meio da dinâmica dos materiais sólidos, cuja classificação se dá em: dissolvidos, coloidais ou em suspensão, sendo determinada estritamente pela sua escala granulométrica. Quanto aos atributos químicos, a qualificação da água segmenta-se na distinção entre a natureza orgânica ou inorgânica dos constituintes, permitindo identificar a origem e a carga de nutrientes ou poluentes presentes no meio. No plano das variáveis biológicas, o levantamento deve abranger a diversidade de organismos vivos e remanescentes de biomassa, contemplando táxons pertencentes aos reinos animal e vegetal, além de microrganismos protistas, cujas interações definem a integridade ecológica do ecossistema aquático (Von Sperling, 1996). Neste caso, a análise das variáveis correspondentes permite colaborar com a investigação das categorias e influências que suscitam alterações na qualidade da água a partir dos parâmetros de condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH) e sólidos totais dissolvidos no ambiente aquático represado.

Quadro 1: Categorias de análise da água.

Categoria de Análise	Subdivisão / Componentes	Descrição e Indicadores
Atributos Físicos	Dinâmica dos Sólidos	Dissolvidos, Coloidais e em Suspensão.
Atributos Químicos	Natureza dos Constituintes	Frações Orgânicas e Inorgânicas
Atributos Biológicos	Caracterização da Biota	Presença de microrganismos e biomassa, abrangendo os reinos Animal, Vegetal e Protista (vivos ou em decomposição).

Fonte: adaptado de Von Sperling (1996).

Por outro lado, a integridade química, física e biológica dos recursos hídricos é indissociável das condições pedológicas e geomorfológicas em que a bacia se insere. Isto é, de acordo com Ruas (2006), é por meio da precipitação atmosférica que o sistema promove o transporte de minerais, substâncias orgânicas e detritos oriundos da superfície para o ambiente aquático, evidenciando que a cobertura da terra e a constituição do solo exercem um controle rigoroso sobre os parâmetros da água.

Subsequentemente, uma breve apresentação dos parâmetros que foram avaliados concernentes à qualidade hídrica, que serviram como dados acessórios para a discussão dos resultados.

2.7.1. Cor

De acordo com a CETESB (2017), a cor de uma amostra pode ser definida a partir da reação da luz com os sedimentos inorgânicos ou orgânicos presentes na água, visto que sua intensidade pode ser reduzida a partir da absorção da radiação eletromagnética nas impurezas não dissolvidas na água, alterando esteticamente sua composição. Os dados resultantes da manifestação orgânica, sobretudo, estão relacionados à resposta natural ao processo de decomposição da matéria. Já nas matérias inorgânicas, principalmente, estão relacionados à

própria formação pedológica da região ou pelo despejo direto de materiais estranhos no ambiente.

2.7.2. Condutividade

A condutividade elétrica é definida como a capacidade de um meio aquoso de conduzir corrente elétrica, uma propriedade que varia proporcionalmente à concentração de íons dissolvidos e à temperatura da amostra (CETESB, 2017). Do ponto de vista do monitoramento ambiental, essa variável funciona como um indicador quantitativo do total de sais minerais e eletrólitos em solução, permitindo uma avaliação indireta da carga de poluentes presente. Este parâmetro permite identificar e dimensionar o grau das transformações pelos impactos antropogênicos. Valores que costumam ultrapassar 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são frequentemente associados a ambientes que sofreram fortes impactos externos, sendo causados pelo aumento exponencial de materiais sólidos dissolvidos no ambiente aquoso (CETESB, 2017).

2.7.3. Sólidos dissolvidos

Segundo von Sperling (1996), a caracterização física dos sólidos em meios hídricos é estabelecida por critérios granulométricos que definem o comportamento das partículas. Sob essa métrica, as frações são segmentadas em sólidos dissolvidos, quando o diâmetro é inferior a 10^{-3} $\mu\text{S}/\text{cm}$; coloidais, para dimensões compreendidas entre 10^{-3} e 10^0 $\mu\text{S}/\text{cm}$; e sólidos em suspensão, cujos diâmetros excedem 10^0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A análise da presença dos sólidos em suspensão assume importância no diagnóstico de processos biológicos, sejam eles aeróbios, como em sistemas de lagoas aeradas ou lodos ativados, ou anaeróbios. Nestes contextos, a mensuração das concentrações dos sólidos dissolvidos é utilizada como um parâmetro de estimativa para a densidade de microrganismos decompositores de matéria orgânica nos ambientes lênticos (CETESB, 2017).

2.7.4. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Seguindo a parametrização elaborada por von Sperling (1996), o Potencial hidrogeniônico (pH) é definido pela quantificação dos íons de Hidrogênio (H^+), representando o indicativo de alcalinidade ($\text{pH} > 7$); condições ácidas ($\text{pH} < 7$); e de neutralidade ($\text{pH} = 7$), o que pode variar de 0 a 14.

Os valores definidos estão associados às características de formação natural: dissolução de rochas; absorção de gases da atmosfera; oxidação da matéria orgânica; fotossíntese e por meio de formações de origem antropogênicas: despejos domésticos e despejos industriais. (von Sperling, 1996).

Segundo Esteves (1996), a verificação do potencial Hidrogeniônico perpassa por distintas variáveis, visto que na mesma medida em que as transformações e rupturas realizadas na comunidade biótica interfere nos valores de pH, a alteração correspondente no pH está diretamente relacionada também, com a influência na transformação da comunidade biótica, estabelecendo uma relação de mutualidade.

No que concerne às comunidades aquáticas, os ambientes com baixa alcalinidade - áreas com dificuldade na neutralização da acidificação - pode ser mais frequente o aumento no número de macrófitas aquáticas e espécies de algas fotossintetizantes, que geralmente elevam a faixa de pH. Como também o processo inverso, quando em ambientes ácidos, ocorre a alcalinização com o crescimento do consumo de dióxido de carbono (CO_2) dada pela fotossíntese. “Nestes ecossistemas, o consumo de CO_2 é imediatamente compensado pela dissociação do bicarbonato de cálcio” (Esteves, 1996, p. 65). Depreende-se, portanto, que o aumento significativo e acelerado da biomassa, poderá alterar os índices de pH tanto em ambientes ácidos, quanto em alcalinos, invertendo sua capacidade natural de acidificação e equilíbrio sistêmico.

Tal diferença de pH pode ser encontrada entre a região limnética e a litorânea, quando esta é densamente colonizada por comunidades de macrófitas aquáticas, as quais interferem mais intensamente nas condições físico-químicas do meio do que as comunidades fitoplanctônicas. (Esteves, 1996, p. 66).

2.7.5. *Presença de macrófitas aquáticas*

A implantação de reservatórios gera modificações profundas na estrutura do ecossistema aquático, promovendo alterações no regime dos lençóis freáticos, no surgimento de lagos e ilhas e no assoreamento das margens, bem como nas emissões de gases como o metano (CH_4) - fruto da degradação da matéria orgânica submersa. Esse cenário de transformação sistêmica da paisagem frequentemente resulta no acúmulo excessivo de nutrientes e matéria orgânica, elevando o risco de eutrofização do recurso hídrico, um processo que potencializa o crescimento acelerado de algas e macrófitas aquáticas (Ruas, 2006).

As partículas de solo tendem, em consequência, a seguir pelos fundos de vale, até atingir o lago ou represa. Aí, tendem a sedimentar, devido às baixíssimas velocidades de escoamento horizontal. A sedimentação das partículas de solo causa o assoreamento, reduzindo o volume útil do corpo d'água, e servindo de meio suporte para o crescimento de vegetais fixos de maiores dimensões (macrófitas) próximos às margens. Estes vegetais causam uma evidente deterioração no aspecto visual do corpo d'água. (von Sperling, 1996, p. 153).

À vista desses fatores, de acordo com Esteves (1996), as macrófitas aquáticas possuem elevada amplitude ecológica, visto que se tratam de espécies plenamente adaptáveis a diferentes tipos de ambientes, sejam eles aquáticos ou terrestres. Em períodos de seca, por exemplo, essas plantas assumem um caráter terrestre, alterando características anatômicas, fisiológicas e fenotípicas. Devido ao caráter intrínseco de amplitude em algumas espécies, como *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Elodea canadensis*, *Pistia stratiotes* e *Ceratophyllum demersum*, são comuns os casos de superpopulação, o que, pela sobrecarga do ecossistema, prejudica o uso múltiplo da paisagem (Esteves, 1996). Entre os efeitos decorrentes desse processo, destacam-se:

Impedimento da navegação, obstrução ou redução do fluxo de entrada de água nas turbinas hidroelétricas, criação de condições para o crescimento de mosquitos e caramujos transmissores de doenças como malária e esquistossomose e redução da concentração de oxigênio do meio. (Esteves, 1996, p. 125).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Organização da base de dados

Na seção organizativa dos instrumentos metodológicos para a construção da pesquisa, foi importante elencar hierarquicamente técnicas cartográficas encadeadas para uma melhor visualização dos arranjos na paisagem. Em muitos planos, o imageamento de satélite através do *Google Earth Engine* (GEE) pode revelar um processo histórico de comparação em diferentes escalas que não é oferecido detalhadamente em outras plataformas; no entanto, este pode generalizar levantamentos fundamentais para compreender o dimensionamento topográfico dos padrões das vertentes. Por isso, é importante que haja uma progressão na utilização das ferramentas cartográficas.

Em primeira medida, foi fundamental a localização da usina; para isso, utilizaram-se as imagens de satélite oferecidas pela plataforma *Google Earth Engine* (GEE), que dispõe de uma gama de camadas disponibilizadas conforme os interesses do pesquisador para aplicação na escala analisada. Neste caso, adicionou-se à interpretação da paisagem a análise temporal, comparando o ano mais antigo passível de acesso via imageamento orbital (1985) - que antecede a instalação da usina - às imagens mais recentes oferecidas no banco de dados da plataforma no início da pesquisa (2023). As primeiras cartografias foram geradas por meio de uma classificação *pixel a pixel* (*Landsat*), utilizando algoritmos avançados de aprendizado de máquina (*machine learning*) na plataforma, que oferece uma enorme capacidade de processamento em nuvem.

A escolha da escala de 1:50.000 foi orientada pelo tamanho da área e pela natureza da pesquisa, abrangendo os municípios diretamente afetados pela área de influência da represa: Recreio (SF.23-X-D-VI-1), Laranjal (SF-23-X-0-II-4) e Leopoldina (SF-23-X-D-V-2). A escala oferece uma representação adequada à grandeza da área de influência, sem comprometer o levantamento detalhado das mudanças perceptíveis, direta ou indiretamente afetadas pelo alagamento. Esse procedimento foi realizado por meio do ajuste manual das cartas e do uso do *software* QGIS, que permite a adaptação das projeções cartográficas e a criação de mosaicos da área de estudo, possibilitando a união das quatro folhas topográficas em uma mesma projeção cartográfica.

Além disso, as cartas topográficas disponibilizadas pelo Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) também são compatíveis com a plataforma QGIS, o que facilitou o

manuseio dos dados em tempo real para sua delimitação, além de fornecer uma base topográfica dinâmica para aplicação em outras cartografias da mesma paisagem.

Outra referência técnica utilizada para a instrumentalização do mapeamento foi a plataforma *MapBiomias*, que tem por objetivo cartografar periodicamente o uso e a cobertura da terra em território brasileiro. A plataforma oferece camadas para visualização e classificação dos distintos níveis hierárquicos das intervenções na paisagem como, por exemplo, pastagens, silvicultura, formações florestais e corpos d'água. Adicionalmente, o *MapBiomias* fornece a descrição das classes das legendas para convencionar os parâmetros utilizados, garantindo a associação das informações processadas ao estudo temporal entre 1985 e 2023 na área de influência da usina. Em etapas específicas, utilizou-se também o *software ArcGIS*, que permite o refinamento dos dados por meio da classificação por Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*), servindo como ferramenta de comparação e validação dos levantamentos obtidos pelo *MapBiomias*.

3.2. Procedimentos cartográficos

Para delimitar a área de influência da UHE Barra do Braúna no rio Pomba, realizou-se o ajuste de três cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE (1975), na escala de 1:50.000, sendo elas, conforme anteriormente mencionado: Leopoldina, Recreio e Laranjal. Os mosaicos foram processados na mesma escala e reprojatados para um único Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) no *software QGIS*. Posteriormente, efetuou-se a delimitação manual, a lápis, da área de influência do represamento sobre as cartas impressas em tamanho real, utilizando como critério a morfologia das vertentes e as curvas de nível. Por fim, esses limites foram transpostos para o ambiente digital via BDGEx, utilizando as ferramentas de vetorização da plataforma, e finalizados no modo de *layout* para a geração dos mapas definitivos.

Para delimitar a área de influência da UHE Barra do Braúna no rio Pomba, realizou-se o ajuste de três cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE (1975), na escala de 1:50.000, sendo elas: Leopoldina, Recreio e Laranjal. Os mosaicos foram processados na mesma escala e reprojatados para um único Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) no *software QGIS*. Posteriormente, efetuou-se a delimitação manual, a lápis, da área de influência do represamento sobre as cartas impressas em tamanho real, utilizando como critério as faixas interfluviais que encerram a drenagem tributária direta do reservatório. Por fim, esses limites foram transpostos

para BDGEx por meio do QGIS, utilizando as ferramentas de vetorização da plataforma, e finalizados no modo de *layout* para a geração dos mapas definitivos.

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi desenvolvido por meio do emprego dos dados da coleção 9 do *MapBiomias*, perpassando por dois recortes temporais: pré-barragem, em 1985, e pós-barragem (2023), a fim de entender as alterações temporais decorrentes da instalação da barragem em 2009. A correção dos levantamentos se deu através da transformação do *raster* em vetor com adequação das áreas específicas, seguindo-se a transformação de vetor para *raster* novamente. A aquisição dos dados foi realizada através da plataforma do *Google Earth Engine (GEE)*. Após o download dos arquivos em formato *GeoTIFF*, foram extraídas as imagens para o *QGIS*, ajustando o sistema de coordenadas conforme necessário. Já no *QGIS*, aplica-se a classificação das imagens com base nos padrões de simbologia da coleção 9 do *MapBiomias*. Embora a preparação dos mapas de uso e ocupação tenha sido individual para cada ano citado, suas respectivas confecções foram de extrema semelhança, apenas se alterando nas descrições e legendas conforme novos elementos na paisagem que foram transformados e apagados.

No que diz respeito à cartografia da declividade da área de influência da usina, foi necessário, anteriormente, recuperar os dados de elevação da área delimitada por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizados gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey*) e depois extraí-los como *raster* para a plataforma *QGIS* novamente. Para sua classificação, que segue parametrizações fundamentadas pela EMBRAPA (1979), foi necessária a subdivisão categórica da paisagem em sete diferentes níveis de declinação: 0-3% (plano, praticamente plano); 3-8% (suave ondulado); 8-13% (moderadamente ondulado); 13-20% (ondulado); 20-45% (forte ondulado); 45-100% (montanhoso); >100% (escarpado). Concomitante a isso, alinha-se a diversificação da paisagem à banda de cores hierarquizadas na cobertura no próprio MDE, para depois classificá-la em porcentagem a partir da classificação das legendas conforme as cores estabelecidas pelos graus de dissecação do relevo.

As morfologias, por outro lado, foram delimitadas de acordo com as cartas topográficas disponibilizadas pelo Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), e com sua parametrização alinhada à classificação taxonômica proposta por Gomes et al. (2023), que se situa na região no contexto do Orógeno Ribeira (2º Táxon), e inserida na unidade morfoescultural dos Planaltos Dissecados do Leste de Minas (3º Táxon). Sua elaboração, feitas

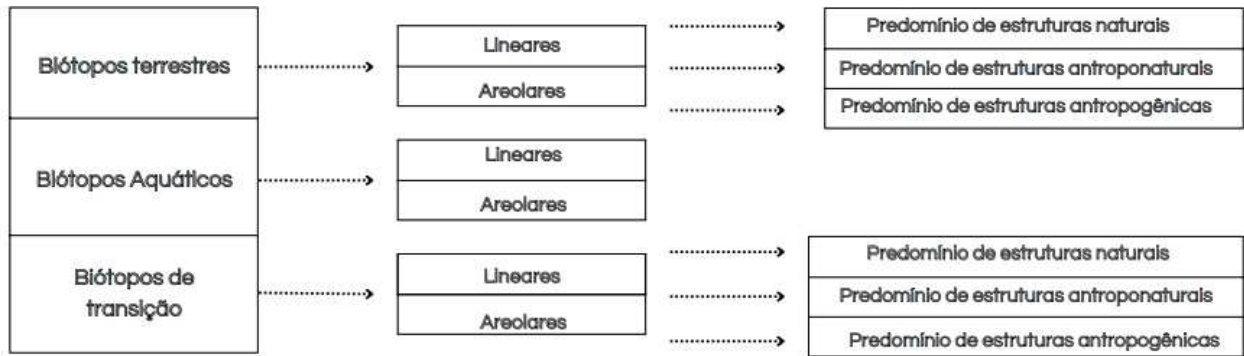
manualmente no programa *QGIS*, levou em consideração os corpos d'água e as curvas de nível como referência da dissecação para modelar em três diferentes tipos genéticos: Modelos de agradação (A), Modelos de dissecação (D) e Modelos Antropogênicos, que são subdivididos respectivamente em: Planícies Fluviais e Ilhas Fluviais; Colina, Morro Medianamente Dissecado, Morro Profundamente Dissecado e Morrote Alongado; e Planícies Flúvio-Lacustres-Antropogênicas. Suas caracterizações foram assinaladas através das categorias demarcadas nas diferentes elevações, classificando suas cores conforme o modelado de dissecação verticalizado. Tanto nos períodos antecedentes ao represamento quanto no período atual, foram utilizadas as mesmas instrumentalizações disponibilizadas pelo Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx) e refinadas pela plataforma *QGIS*.

3.3. Classificação e cartografia dos biótopos (escala de 1\50.000).

A parametrização classificatória da pesquisa foi inspirada pelas pesquisas nas obras de Marques Neto (2006; 2013; 2015), Bedê et al. (1997). O primeiro autor, incorpora a análise da transformação e evolução dos biótipos em um sistema de classificação a partir da qualificação de sua natureza, forma e grau de antropização. Quanto à obra de Bedê et al. (1997), é possível verificar a incorporação da abordagem sistêmica como a avaliação de unidades ambientais, integrando a fisionomia da vegetação, o uso do solo e as características físicas do meio.

Essas abordagens metodológicas foram trazidas por Bedê et al. (1994), retomadas por Rodriguez et al. (2010) e por Marques Neto (2013), pela qual os biótopos são classificados em três diferentes tipos de intervenções antrópicas: predomínio de estruturas naturais, predomínio de estruturas antroponaturais, e predomínio de estruturas antropogênicas. Nesta pesquisa, reconhece-se que as estruturas de primeira natureza são aquelas que se referem a paisagens transformadas e que são relativamente conservadas em função do grau de suas alterações, assimilando remanescentes de vegetação nativa, formações florestais e estruturas abandonadas com vegetação presente. No caso das estruturas antroponaturais, podem ser notadas através de inscrições como: diferentes formas do relevo cobertas por pastagem, pasto sujo, pastos com vegetação em regeneração, cafezais, bananiculturas, ilhas com vegetação herbáceo-arbustiva e fragmentos florestais em regeneração. Por fim, as estruturas antropogênicas, que concernem ao conjunto das alterações antrópicas, visualizadas por áreas de uso industrial, sítios, chacreamentos e haras, pequenas capoeiras e bairros edificadas (Quadro 2).

Quadro 2: Metodologia de classificação dos Biótopos.



Fonte: adaptado de Marques Neto (2013)

Para a delimitação dos graus de intervenção antrópica e sua relação com o espaço físico, observou-se a variação do relevo predominante na área de influência da usina, em Morros, Morrotes, Colinas, Planícies e Ilhas, para posteriormente serem interpretadas qualitativamente mediante a descrição fitofisionômica da vegetação e os diferentes usos da terra (Quadro 3).

Quadro 3: Metodologia de classificação dos Biótopos na área de influência da UHE Barra do Braúna.

Tipo de Biótopo	Descrição
Biótopos Terrestres Areolares com predomínio de estruturas antropogênicas	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de uso urbano industrial • Bairros edificadas sobre morros • Sítios; Chacreamentos; Haras. • Urbanização rarefeita com capões
Biótopos Terrestres Areolares com predomínio de estruturas antroponaturais	<ul style="list-style-type: none"> • Morros profundamente dissecados cobertos por pastagens • Morros medianamente dissecados cobertos por pastagens • Morrotes alongados cobertos por pastagens • Colinas cobertas por pastagens
Biótopos Terrestres Areolares com predomínio de estruturas naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Morros profundamente dissecados florestados • Morros medianamente dissecados florestados • Morrotes alongados florestados • Colinas florestadas
Biótopos Terrestres Lineares	<ul style="list-style-type: none"> • Rodovias pavimentadas • Rodovias sem pavimentação
Biótopos Aquáticos Areolares	<ul style="list-style-type: none"> • Lago antrópico
Biótopos Aquáticos Lineares	<ul style="list-style-type: none"> • Rios • Córregos e ribeirões
Biótopos de Transição Areolares com predomínio de estruturas antropogênicas	<ul style="list-style-type: none"> • Planícies fluviais cobertas por pastagens • Planícies-flúvio-lacustre antropogênica cobertas por pastagem
Biótopos de Transição Areolares com predomínio de estruturas antroponaturais	<ul style="list-style-type: none"> • Ilhas Fluviais com vegetação herbácea arbustiva • Ilhas Fluviais florestadas

Fonte: o autor

Para o levantamento, foi necessário, em primeiro plano, a coleta e a avaliação de dados preexistentes, como os levantamentos geomorfológicos da área de influência da UHE em escala de 1:50.000. Além disso, a identificação dos usos e manejos da terra inscritos na paisagem e a

interpretação da coleção de imagens obtidas em satélites pela ferramenta *Google Earth Engine* (GEE).

3.4. Procedimentos para classificação e cartografia dos biótopos na escala de 1:10.000.

O setor mais diretamente transformado pelo represamento, que compreende a área de maior alagamento e seu entorno imediato, foi foco de mapeamento mais detalhado no intuito de averiguar as possibilidades de generalização e detalhamento concernentes à metodologia de mapeamento de biótopos. Para tal, foram observados, prioritariamente, os seguintes aspectos:

- Presença de macrófitas aquáticas;
- alterações diretas no relevo;
- alterações nos processos deposicionais;
- deslocamento humano;
- aspectos da qualidade da água;
- extensão da superfície inundada.

O método classificatório foi inspirado pelas mesmas obras que tangenciam a construção das cartografias dos biótopos em 1:50.000. No entanto, dentre as categorias já observadas, novos elementos foram descobertos e sinalizados, necessitando de uma classificação menos homogênea, e, sobretudo, relacionada às regiões lindeiras ao reservatório, o que evidencia, em escala próxima da superfície, os diferentes biótopos que ocupam a área de maior estresse provocada pelo represamento. Nesse levantamento, para cada elemento sinalizado nos mapas anteriores, houve a descrição detalhada dos instantes contemporâneos da área de influência da usina, facilitando o reconhecimento e a visualização.

Ainda nessas características, assume-se categoricamente, na mesma metodologia já proposta, a diferenciação entre os tipos de biótopos como: biótopos aquáticos, biótopos terrestres e biótopos de transição. Cada um deles é areolar ou linear, com predomínio de estruturas naturais, antroponaturais ou antropogênicas, mantendo-se a mesma chave de classificação para diferentes escalas. Para isso acontecer foi necessário o encadeamento de evidências dos tipos: presença de exposição do solo; abundância de macrófitas; pasto com presença de gado; culturas de pesca; estabelecimentos humanos; deslocamentos humanos; estágio de recuperação da vegetação. Isso porque as características reproduzem-se em diferentes escalas mediante ganhos ou perdas de informação, como grandes áreas de pastos,

agriculturas diversas, pesca esportiva e comercial, sítios disparatados e muitos cercamentos, dificultando a compreensão geossistêmica dos efeitos gerados pelo represamento.

3.5. Avaliação qualitativa dos impactos antropogênicos nos biótopos em 1:10.000.

Como destacado anteriormente, os critérios avaliados para qualificação dos impactos antropogênicos, foram: presença de macrófitas aquáticas; alterações no relevo; alterações nos processos deposicionais; deslocamento humano, referentes à qualidade hídrica e extensão da superfície inundada.

O dimensionamento da área de propagação das macrófitas foi realizado pela análise qualitativa da presença de tais plantas em relação à área total dos biótopos aquáticos no reservatório, utilizando a ferramenta disponibilizada pelo *software QGIS* de cálculo de área de polígonos. O resultado obtido não revela a localização precisa dessas espécies, à medida que sua presença é variável para diferentes estações climáticas, além de que são espécies que ficam à deriva na água, sendo facilmente deslocadas para demais áreas do reservatório.

As alterações no relevo foram delimitadas através da localização de áreas com fragmentos de exposição do solo e processos de ruptura na superfície do relevo, como falhamentos decorrentes da formação de novas áreas de escoamento da chuva, além do próprio esgotamento do solo pelo uso intensivo de pastagem e agricultura em regiões marginais ao reservatório. Os processos de falhamento e exposição foram identificados nas cartografias pela localização dos indicadores pela plataforma do *Google Earth Engine (GEE)*, posteriormente verificadas em campo e sinalizadas pelo *software QGIS* nas cartografias

Os efeitos identificados para análise da alteração nos processos deposicionais partem do desenvolvimento e da formação de barras de meandro ao longo do reservatório, revelando alterações nos biótopos terrestres ao longo da formação de áreas de acúmulo sedimentar, o que favorece o assoreamento e a formação de bancos de areia. Para a quantificação desses dados, foi necessária a localização em campo das áreas de favorecimento de deposição de sedimentos, de acúmulo de matéria orgânica e de detritos industriais e habitacionais, posteriormente georreferenciados em mapa pelo *software QGIS* e qualificados pela interpretação dos dados.

A análise do deslocamento humano foi dada pela identificação das presenças de estradas com ou sem pavimentação, linhas férreas desativadas e deslocamento de barcos entre

as áreas limítrofes e marginais ao reservatório. Sua quantificação é realizada pela presença ou não das atividades nas regiões.

Para a mensuração dos aspectos da qualidade da água, foi necessário realizar a coleta em cinco pontos distintos no reservatório. Os pontos foram selecionados a partir das áreas que possuíam acesso direto à água - uma vez que grande parte das áreas de acesso são cercadas - verificando a presença e ausência de macrófitas, grotas limpas pelos próprios moradores, áreas de acúmulo sedimentar, áreas de produção de pesca, áreas com atividades turísticas e áreas habitacionais. Os parâmetros testados foram: Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Dissolvidos e Condutividade Elétrica, lançando-se mão de sonda multiparâmetros modelo Mi 805 da marca Martini.

Para a verificação da extensão da superfície inundada, foi necessário calcular a área da região em relação à área total do biótopo analisado. A extensão da superfície só pôde ser calculada em relação aos biótopos que já foram inundados, ou que apresentam regiões limítrofes ao reservatório. Ou seja, a delimitação dessas áreas parte do cálculo da área inundada em relação ao passado e à área total do biótopo específico. Os valores foram levantados e verificados pelo *software QGIS* através da ferramenta de cálculo de área de polígonos.

Os quadros abaixo (4, 5, 6, 7, 8 e 9) demonstram os dados que foram contabilizados de acordo com os quadros 2 e 3, onde se constata a descrição das características do uso e ocupação da terra de cada um dos biótopos identificados no relevo em escala de 1:10.000 associado à sua nomenclatura.

Quadro 4: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com estruturas naturais em 1:10.000.

Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais (I.I)	
Nomenclatura	Atribuição
M.M.F	Morros medianamente dissecados florestados: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.
M.A.F	Morrotes alongados florestados: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.
C. F	Colinas florestadas: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.

Fonte: o autor

Quadro 5: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com estruturas antronaturais em

1:10.000.

Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais (I.II)	
Nomenclatura	Atribuição
M.M.D.P	Morros medianamente dissecados cobertos por pastagem: pastagem limpa, sem a presença de gado, com vegetação em estado inicial de recuperação e predominantemente arbustivo.
M.A.C.P	Morrotos alongados cobertos por pastagem: pasto limpo, com presença de pecuária extensiva e capoeiras em estágio inicial de recuperação.
M.D.P.S	Morros medianamente dissecados cobertos por pastagem: pastagem suja sem a presença de gado, com fragmentos de exposição do solo e vegetação em estado inicial de recuperação, predominantemente arbustivo.
M.A.P.S	Morrotos alongados cobertos por pastagem: pasto sujo com fragmentos de exposição do solo, sem presença de pecuária e capoeiras em estágio inicial de recuperação, predominantemente arbórea e arbustiva.
C.P.C.R	Colinas cobertas por pastagem: pasto sujo, sem a presença de gado, com vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, em processo moderado de regeneração.
C.P.C.L	Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto limpo, com a presença de pecuária extensiva e vegetação em estágio inicial de recuperação.
C.P.R.S	Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto sujo, sem a presença de gado, com fragmentos de exposição do solo e vegetação em estágio inicial de recuperação.
C.P.L.A	Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto limpo sem a presença de gado, com vegetação predominantemente arbustiva.

Fonte: o autor

Quadro 6: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antropogênicas em 1:10.000.

Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antropogênicas (I.III).	
Nomenclatura	Atribuição
UHE	Barragem Barra do Braúna.
A.H	Atividades humanas.

Fonte: o autor

Quadro 7: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos de transição com predomínio de estruturas naturais em

Biótopos de transição com predomínio de estruturas naturais (II.I)	
Nomenclatura	Atribuição
I.F.H.A	Ilhas fluviais com vegetação herbácea-arbustiva: áreas com exposição do solo em estágio moderado de recuperação.
I.F.F	Ilhas fluviais florestadas: área de acúmulo sedimentar e de matéria orgânica com vegetação predominantemente arbórea em estágio avançado de sucessão.

1:10.000.

Fonte: o autor

Quadro 8: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos de transição com predomínio de estruturas antroponaturais em 1:10.000.

Biótopos de transição areolares com predomínio de estruturas antroponaturais (II.II)	
Nomenclatura	Atribuição
P.F.P	Planícies fluviais cobertas por pastagem: áreas com fragmentos de exposição do solo, sem a presença de gado, com vegetação predominantemente herbácea-arbustiva.
A.P.F.L.P	Planícies flúvio-lacustre antropogênica cobertas por pastagem suja: áreas com exposição do solo, com a presença de pecuária extensiva.
A.P.F.L.C	Planícies flúvio-lacustre antropogênica cobertas por pastagem suja e capoeiras em regeneração, com vegetação predominantemente herbácea-arbustiva.

Fonte: o autor

Quadro 9: Nomenclaturas e atribuições dos biótopos aquáticos com predomínio de estruturas antropogênicas em 1:10.000.

Biótopos aquáticos areolares com predomínio de estruturas antropogênicas (I.III)	
Nomenclatura	Atribuição
L.A	Lago antrópico.
C.T	Área com produção e pesca de Tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>).
L.A.M.O	Lago antrópico com áreas de retenção de matéria orgânica e proliferação de macrófitas.

Fonte: o autor

3.6. Trabalho de campo.

Para a estruturação do trabalho de campo, foi importante a delimitação de objetivos gerais e objetivos específicos. Dessa forma, as atividades que viriam a ser realizadas em campo foram subdivididas em duas etapas distintas e complementares, visando subsidiar a análise temporal dos biótopos influenciada pela criação do reservatório. O primeiro plano foi pautado na identificação e levantamento descritivo das paisagens percebidas na área de influência da Usina, percebendo, portanto, os efeitos que suscitaram diretamente da criação do reservatório e a sua relação com a geomorfologia local. O segundo, de outra parte, foi direcionado pela análise e interpretação das informações levantadas pelo primeiro campo, como, por exemplo, o parâmetro da análise de água, o reconhecimento de falhas geomorfológicas e o avanço das populações das macrófitas, permitindo, assim, a identificação, evolução e interpretação dos eventos percebidos pelas cartografias e os trabalhos práticos.

Os campos ocorreram em períodos distintos evidentemente pela necessidade de reconhecimento dos aspectos evolutivos de caráter sistêmico. Nesse sentido, a primeira etapa ocorreu nos dias 18 e 19 de agosto de 2025, enquanto a segunda etapa em 12 e 13 de dezembro de 2025.

Em sistematização prática, foi necessário a seleção de 15 principais pontos onde as relações são melhores visualizadas na paisagem, priorizam-se os seguintes elementos: cobertura vegetal herbáceo-arbustiva; cobertura vegetal arbórea; cobertura vegetal com predominância de capões; plantios diversos; pastos sujos; pastos limpos; silviculturas; ocupações urbanas; área circundante à barragem.

Isso foi realizado por meio da exportação dos mapas de biótopos e morfológico georreferenciados para o *software Avenza*, que permite a geolocalização em tempo real, a partir da área inscrita na paisagem. Além disso, é possível compartilhar a localização do aplicativo com o *software Google Maps*, que facilitou a criação de rotas para as localizações delimitadas pelos pontos. O maior impasse foi o excesso de propriedades privadas que, muitas vezes, inviabiliza a aproximação com regiões lindeiras. O *software* também permite criar pontos e adicionar descrições para cada um dos mosaicos selecionados no mapa em tempo real, essas descrições contêm imagens e coordenadas da localização.

Para o campo também, foi necessária a impressão em tamanho real (A1) de todos os presentes mapas da pesquisa para confrontar as informações levantadas nas escalas de trabalho,

bem como uma caderneta para realização de rascunhos e croquis. Quanto à análise da qualidade da água, foi necessária a seleção de seis diferentes pontos ao longo das áreas limítrofes do reservatório, cada ponto apresentando um diferente teste da água. Como grande parte do reservatório não é acessível devido aos espaços privados, os pontos de coleta foram delimitados através da alteração no aspecto estético da água, principalmente em grotas e áreas próximas à barragem e ilhas.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

4.1. Localização da área

A área de influência da UHE Barra do Braúna (Figuras 1 e 2) está situada na Zona da Mata Mineira, sob o domínio dos Mares de Morros, caracterizados pela presença de zonas mamelonizadas ao longo da extensão da bacia do rio Paraíba do Sul (Ab'Sáber, 2003). De acordo com a classificação regional do IBGE (2017), a área insere-se na Região Geográfica Intermediária de Juiz de Fora e na Região Geográfica Imediata de Cataguases, abrangendo territórios dos municípios de Leopoldina, Recreio, Laranjal e Cataguases. A estrutura da represa localiza-se nas coordenadas 21° 26' 59,6" S e 42° 24' 14,4" W (WGS 84), que são referentes à divisa entre os municípios de Recreio e Laranjal, porém sua área de influência abrange as demais localidades posicionadas em proximidade à usina, possuindo sua estrutura no médio curso do rio Pomba (Parecer nº 48, 2020).

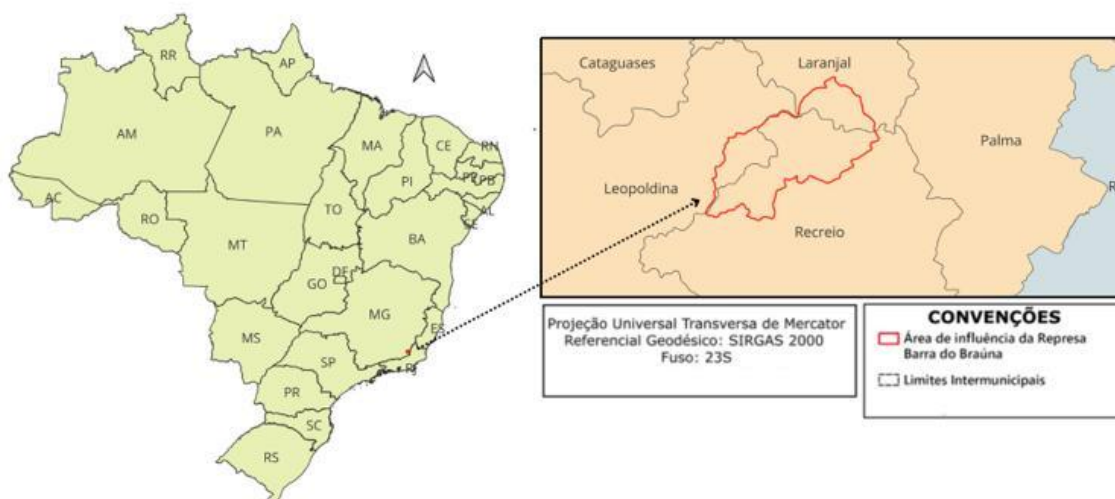


Figura 1: Localização da UHE Barra do Braúna em território nacional.
Fonte: IBGE (2023).

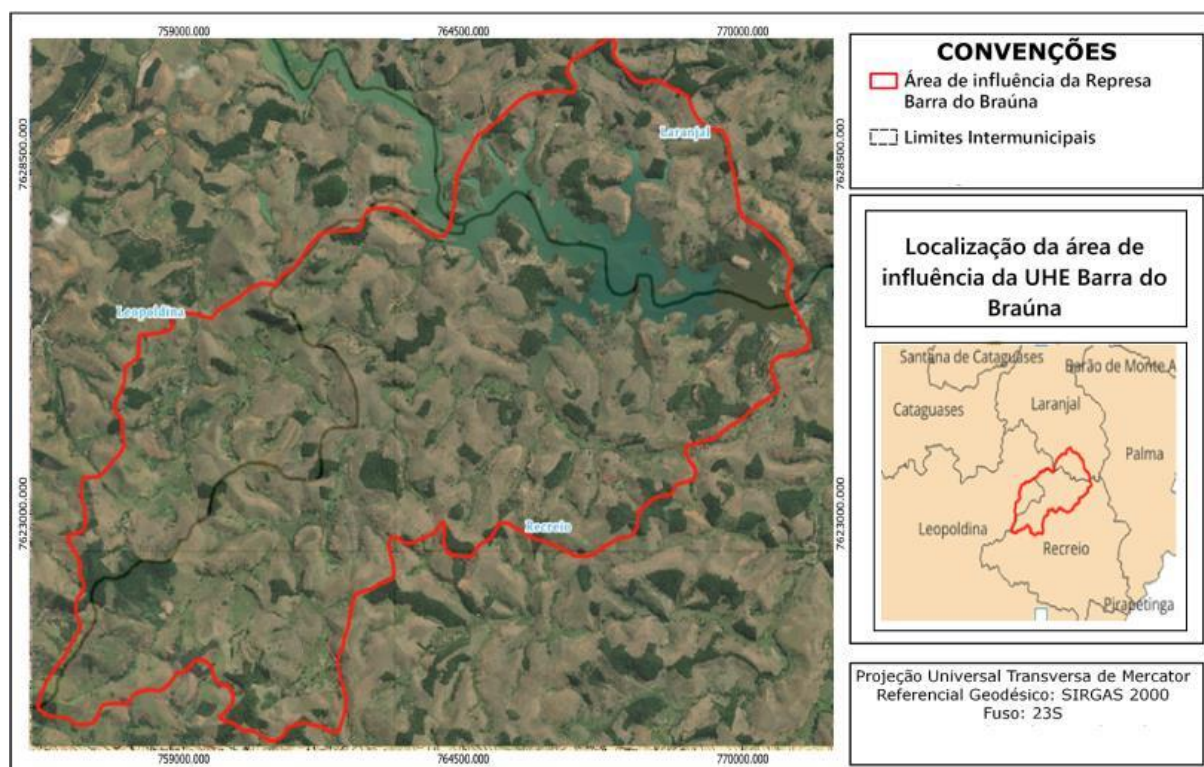


Figura 2: Imagem de satélite da localização da área da UHE em território estadual.

4.2. Aspectos do climáticos.

De acordo com Alvares et al. (2013), os dados climáticos de Leopoldina (Quadro 10), Laranjal (Quadro 11) e Recreio (Quadro 12) reforçam a tipicidade do clima tropical (Aw), segundo a classificação de Köppen. Essa sazonalidade é um fator determinante na dinâmica dos biótopos locais, uma vez que a estação seca (junho-agosto) impõe um ritmo seco e de estresse ambiental, enquanto os picos de precipitação em dezembro potencializam o transporte

e aporte de sedimentar na calha do rio Pomba.

Quadro 10: Média mensal dos elementos climáticos em Leopoldina - MG.

Leopoldina - MG												
	Janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média °C	25.4	25.6	24.8	23.4	20.9	19.9	19.4	20.4	21.9	23.3	23.3	24.6
Temp. mín. °C	21.8	21.9	21.4	19.9	16.9	15.6	14.9	15.7	17.4	19.2	20	21.1
Temperatura máx. °C	30	30.5	29.3	27.7	25.5	24.8	24.6	25.9	27.4	28.4	27.8	29.1
Precipitação / Chuva mm	252	159	189	85	55	22	25	32	75	128	256	287
Umidade(%)	76%	74%	78%	77%	76%	76%	74%	69%	68%	71%	78%	79%
Dias chuvosos (d)	14	11	14	10	6	4	4	4	7	10	14	16
Média de horas de sol (horas)	8.2	8.4	7.3	6.2	6.0	6.0	6.1	6.4	6.3	6.2	6.1	7.4

Fonte: Clima-date.ORG (1999-2019)

Quadro 11: Média mensal dos elementos climáticos em Recreio - MG.

Recreio - MG												
	Janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	Novembro	Dezembro
Temp. mín. °C	25.3	25.6	24.8	23.3	20.9	19.8	19.4	20.4	21.9	23.2	23.3	24.5
Temperatura máx. °C	21.8	21.8	21.4	19.9	16.8	15.5	14.8	15.7	17.4	19.2	20	21.2
Precipitação / Chuva mm	29.8	30.3	29.2	27.6	25.4	24.7	24.5	25.9	27.4	28.4	27.7	28.9
Umidade(%)	233	149	179	79	54	21	24	29	70	119	242	279
Dias chuvosos (d)	77%	75%	78%	77%	75%	76%	73%	69%	67%	70%	77%	79%
Média de horas de sol (horas)	14	10	13	9	6	3	3	4	7	9	14	15
Média de horas de sol (horas)	8.5	8.6	7.5	6.4	6.1	6.0	6.1	6.4	6.4	6.5	6.4	7.7

Fonte: Clima-date.ORG (1999-2019)

Quadro 12: Média mensal dos elementos climáticos em Laranjal - MG.

Laranjal - MG												
	Janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média °C	25.6	25.8	24.9	23.5	21.1	20.1	19.6	20.6	22.1	23.4	23.5	24.7
Temp. mín. °C	22	22.1	21.6	20.1	17.1	15.8	15.1	15.9	17.6	19.4	20.2	21.4

Laranjal - MG												
	Janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média °C	25.6	25.8	24.9	23.5	21.1	20.1	19.6	20.6	22.1	23.4	23.5	24.7
Temperatura máx. °C	30.1	30.5	29.3	27.8	25.6	25	24.8	26.1	27.6	28.6	27.9	29.2
Precipitação / Chuva mm	226	149	181	87	52	21	24	29	72	121	248	271
Umidade(%)	77%	75%	79%	78%	76%	76%	74%	69%	68%	71%	78%	79%
Dias chuvosos (d)	13	10	13	9	6	3	4	4	7	9	14	15
Média de horas de sol (horas)	8.6	8.7	7.4	6.4	6.0	6.1	6.2	6.5	6.6	6.6	6.4	7.8

Fonte: Clima-date.ORG (1999-2019)

4.3. Base geológica

Conforme aponta Ab'Sáber (2003), a estrutura geológica da área de influência está inserida no domínio dos “Mares de Morros”, caracterizado por zonas mamelonizadas que refletem a profunda decomposição das estruturas granítico-gnáissicas e processos morfoclimáticos relacionados aos climas tropicais úmidos sob uma base geológica cristalina. Além disso, apresenta rochas como granitoides peraluminosos, tipo S, foliados (CPRM, 2003), o que resulta em uma paisagem de tipicidade distintamente convexa, com intensa decomposição de rochas cristalinas em sistema de esfoliação esferoidal. A interação entre essa base lítica e a sazonalidade climática, marcada por picos de precipitação que ultrapassam os 250 mm mensais, influencia diretamente na definição da dinâmica de transporte dos sedimentos e na evolução dos biótopos na área de influência da usina.

O Projeto RADAMBRASIL (1983) descreve a área como um domínio de gnaisses bandados predominantemente tonalíticos, migmatitos, em geral estromáticos, com ampla cataclase e recristalização, com foliação de plano axial de forte ângulo e evidências de transposição; lentes de quartzitos; rochas calcissilicáticas; metabásicas; anfíbolitos; e mármore. Sillimanita-granada-gnaisses; rochas enderbíticas a charnockíticas (estas pertencentes ao Complexo Juiz de Fora, do Paleoproterozoico). Gnaisses granitoides de composição granítica a tonalítica, juntamente aos quartzitos, definem os estoques litológicos concernentes ao Grupo Andrelândia.

4.4. Aspectos do relevo

A compartimentação geomorfológica da área de influência da UHE Braúna segue a classificação taxonômica proposta por Gomes et al. (2023), que situa a região no contexto do Orógeno Ribeira (2º Táxon). Inserida na unidade morfoescultural dos Planaltos Dissecados do Leste de Minas (3º Táxon), sendo que a área apresenta um relevo marcado pela intensa dissecação fluvial e pelo controle estrutural do embasamento cristalino. Sua paisagem é caracterizada, de acordo com Ab'Sáber (2003), pela mamelonização topográfica, onde o relevo assume a forma característica de “meias-laranjas” - morros de vertentes convexas e topos arredondados. Essa configuração geomorfológica, marcada pela sucessão de topos areolares e declives, é um fator modular para a dinâmica de escoamento superficial e transporte de sedimentos na bacia.

4.5. Aspectos pedológicos

Segundo o Projeto RADAMBRASIL (1983), a área de influência da usina é predominantemente ocupada por latossolos vermelhos-amarelos álicos, geralmente com capacidade aluminosa excedente a 50%, com elevada ou média profundidade, apresentando até três horizontes (A, B e C), além da alta capacidade de drenagem. Caracterizado por possuir intenso grau intempérico e baixo grau erosivo, identifica-se também baixo grau de oferta de nutrientes primários e alto grau de agregação dos coloides, o que exige maior plasticidade ecológica para as espécies de plantas se adaptarem, bem como subordina o relevo à pastagem extensiva, favorecendo processos de falhamentos e exposição.

Cabe ponderar a respeito da escala generalizada no Projeto RADAMBRASIL (1\1.000.000), incompatível com as escalas trabalhadas. Em campo, entretanto, verificou-se franco predomínio de pedogênese latossólica, que se associam a Cambissolos em segmentos de declive mais acentuado, padrão recorrente na Zona da Mata mineira.

4.6. Aspectos da vegetação e do uso antrópico da terra

Para ferramenta de contraste das evoluções temporais, a referência base do Projeto RADAMBRASIL (1983) evidencia um cenário de intensa alteração biótica ao longo dos anos, à medida que a região, originalmente caracterizada pela Floresta Estacional Semidecidual, apresenta hoje um predomínio de pastagens e de vegetação secundária, com uma paisagem evidentemente homogênea, onde a dinâmica de produção agropecuária impediu a recomposição plena da biodiversidade original. Além disso, dados da Coleção 10 da plataforma

do MapBiomias (2024) evidenciam que a substituição das formações de Floresta Aluvial (Fa) pela criação do reservatório representa o aperfeiçoamento da lógica de produção hidrelétrica sobre a área, onde a natureza é remodelada para atender à demanda energética. Abaixo verificam-se, através do quadro 13, os contrastes temporais dos aspectos caracterizados na paisagem da área de influência da UHE definidas pelo projeto RADAM (1983), bem como aos períodos contemporâneos através da Coleção 10 *MapBiomias* (2025).

Quadro 13: Contraste temporal entre a definição do Projeto RADAM (1983) e a Coleção 10 MapBiomias (2025).

	RADAMBRASIL (1983)	<i>MapBiomias</i> (Col. 10 - 2024)
Matriz Dominante	Pastagens: Classe soberana com 96.843 unidades.	Pastagens: Consolidação de latifúndios e degradação de solos em encostas gnáissicas.
Vegetação Nativa	Floresta Submontana (Fs) e Aluvial (Fa): Fragmentos ainda expressivos em fundos de vale.	Fragmentação Extrema: Restrita a APPs de topos de morros e encostas íngremes.
Estágio Sucessional	Vegetação Secundária (Vs): 9.232 unidades já em regeneração.	Aumento de áreas degradadas
Corpo D'água	Curso Natural: Rio Pomba em vale encaixado sobre gnaisses e migmatitos.	Reservatório Artificial: Substituição de biótopos lóticos (rio) por lênticos (represa).

Nesse sentido, os quadros elucidam o processo de potencialização do uso dos recursos naturais para adaptação de um espaço produtivo, em que o contraste entre o levantamento do RADAMBRASIL (1983) e do *MapBiomias* (2024) evidencia a consolidação da fronteira agropastoril extensiva sobre o médio curso do rio Pomba. Enquanto o RADAMBRASIL, na década de 1980, já apontava a hegemonia das pastagens com aproximadamente 96.843 unidades e uma expressiva área de vegetação secundária sem palmeiras, os dados contemporâneos do MapBiomias demonstram que essa estrutura fundiária perdurou por muitos

anos e se consolidou através da supressão dos fragmentos remanescentes de floresta submontana e aluvial, com a retirada da vegetação ciliar e da biomassa que foi alagada pelo reservatório.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Evolução temporal do uso e ocupação da terra

A análise sistêmica dos elementos destacados no mapeamento temporal procurou focar o uso e a ocupação da terra a partir de uma perspectiva funcional. Quando analisados temporalmente, observam-se transformações da biocenose suscitadas pela elevação do nível hídrico a partir do represamento (Figura 3 e Figura 4).

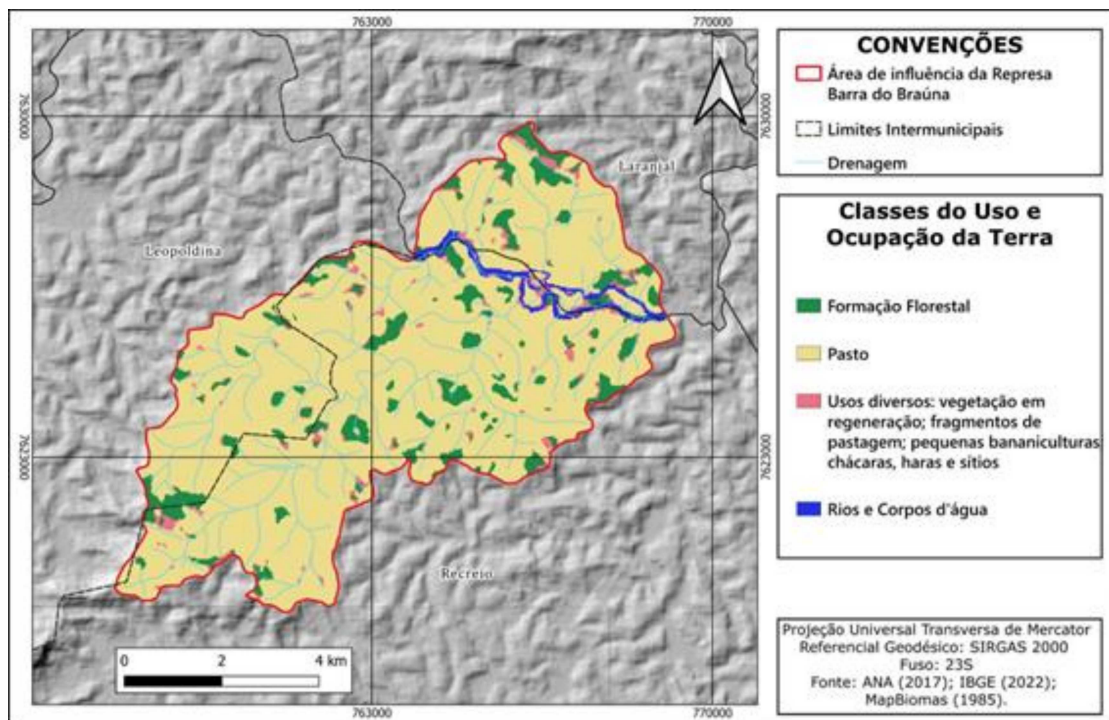


Figura 3: Mapa de uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna em 1985.

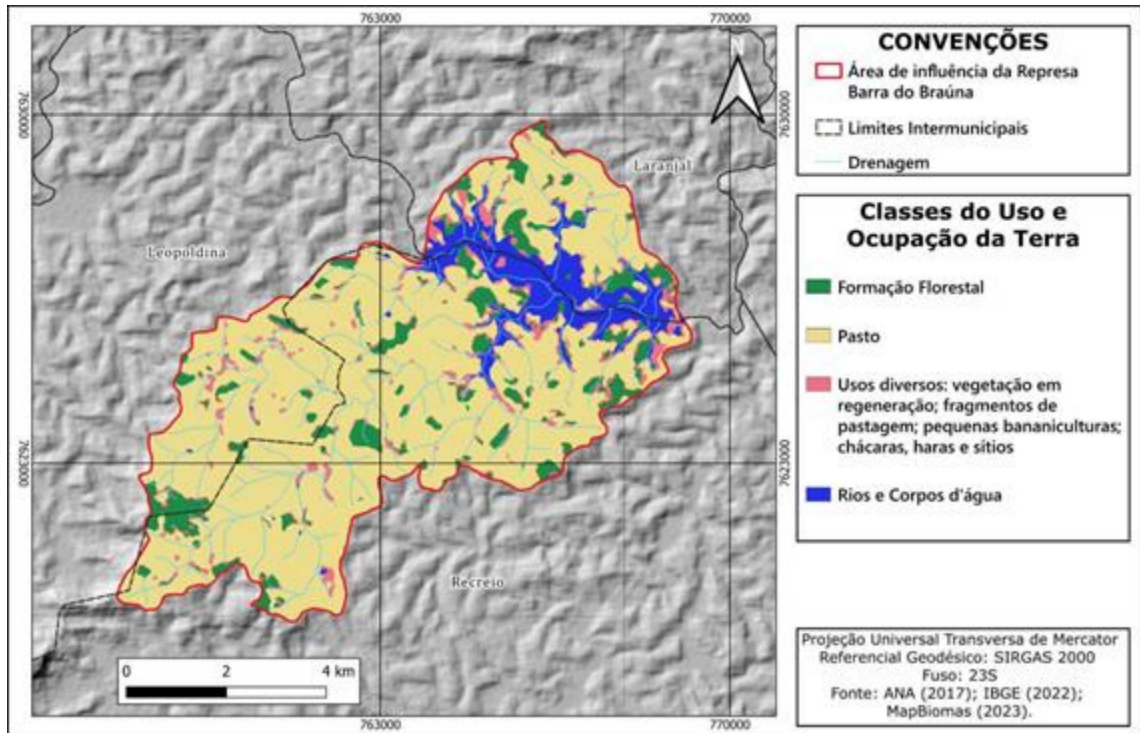


Figura 4 :Mapa de uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna em 2023.

O aumento significativo do nível hídrico, causado pela criação do reservatório da UHE no rio Pomba, assinala categorias disruptivas fundamentais para a reorganização dos elementos que compõem a paisagem. Observa-se que, ao longo dos dois períodos, os mosaicos são predominantemente marcados pela presença de pasto com criação bovina. Contudo, após o represamento, grande parte da área aproveitada economicamente foi afetada pela inundação. Algumas manifestações crescentes das formações vegetais - sobretudo após a construção da barragem - são destacadas ao longo dos anos nos terrenos lindeiros ao reservatório.

No primeiro mapa (Figura 3), assinalam-se formações florestais desconexas, que dificultam a circulação plena e viável de matéria e energia entre os sistemas. Isso explica por que grande parte dos mosaicos de uso atua como barreira na troca de informação gênica entre a flora e a fauna. No segundo mapa (Figura 4), em função da grande extensão da lâmina d'água provocada pelo reservatório, percebe-se o aumento das formações florestais nas regiões marginais do alagamento, bem como uma nova feição espacial dos mosaicos de usos diversos. Essas áreas são constituídas, sobretudo, por pequenos espaços habitacionais distantes entre si, como sítios e fazendas com potencial para criação de gado bovino e pequenos manejos agrícolas. Alguns estabelecimentos comerciais também são encontrados, principalmente às margens do reservatório, com relação à alteração das configurações socioeconômicas da

paisagem. O pasto, por outro lado, predomina na maior parte da área de influência, o que é observado tanto nos períodos anteriores quanto nos posteriores ao alagamento (Quadro 14).

Quadro 14: Análise quantitativa da evolução do uso e ocupação da terra na área de influência da UHE Barra do Braúna.

Classe de Uso	Área 1985 (km ²)	Área 2023 (km ²)	Variação Absoluta (km ²)
Pasto	48,71	42,15	-6,56
Formação Florestal	5,58	5,85	+ 0,27
Rios e Corpos d'água	0,71	3,10	+2,39
Usos diversos	16,9	37,8	+20,9
Silvicultura	0,00	7,72	+7,72

O quadro em destaque evidencia as transformações temporais que se deram a partir da evolução do uso e ocupação da terra na área de influência da UHE. Na avaliação desses intervalos, houve a comparação dos elementos que antecedem a criação do reservatório e aos instantes atuais, evidenciando as áreas que se desenvolveram e as áreas que desapareceram.

Nos resultados evidenciados, nota-se que embora tenha havido diminuições das áreas ocupadas pelas pastagens – devido a criação do reservatório - a área ainda é ocupada por grandes porções dessa cultura, tornando possível constatar que a prática da pastagem na região está em crescimento. Quanto às formações florestais, de acordo com o Parecer nº 48 (2020), cerca de 298.3271 hectares correspondem a áreas de preservação permanente (APP), o que evidencia a ocupação da maior parte dessas formações. No entanto, a diminuição considerável de suas áreas em função do crescimento de atividades comerciais e habitacionais na área de influência, indica que, ao longo do tempo, houve um movimento de supressão das vegetações

em estado avançado de conservação, para ceder lugares aos usos diversos, bem como a pequenos fragmentos de produção da silvicultura e de braquiárias.

5.2. Avaliação dos aspectos geomorfológicos

Os levantamentos geomorfológicos destacados na Figura 5, estão de acordo parametrização definidas pela EMBRAPA (1979), onde foi necessária a subdivisão categórica da paisagem em sete diferentes níveis de declinação: 0-3% (plano, praticamente plano); 3-8% (suave ondulado); 8-13% (moderadamente ondulado); 13-20% (ondulado); 20-45% (forte ondulado); 45-100% (montanhoso); >100% (escarpado).

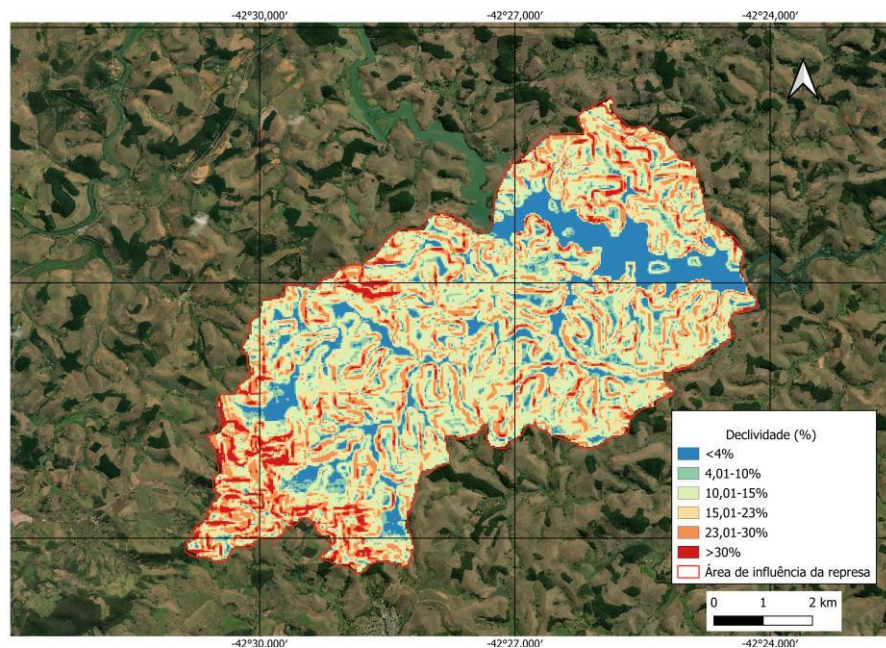


Figura 5: Mapa de declividade na área de influência da UHE Barra do Braúna.

Como referido anteriormente, os levantamentos hipsométricos e de declividade da área de influência da represa foram inspirados pelos parâmetros definidos pela Embrapa (1979), baseando-se na declividade percentual para posterior classificação. No que diz respeito às áreas planas (de até 4%), estas foram, sobretudo, ocupadas pela extensão da lâmina d'água do reservatório. Quanto às classes de relevo ondulado, que variam de 4% a 23%, são encontradas principalmente ao longo da extensão da área de influência, com possível presença de pasto sujo e pasto para criação bovina. No caso das maiores declividades, estas podem ser encontradas, sobretudo, na região sudoeste da área de influência.

Os mapas morfológicos são fundamentais para o reconhecimento das áreas de ocupação das biotas terrestres, aquáticas e de transição. Isso ocorre porque, conforme o levantamento cartográfico obtido, as ocupações derivadas dos diversos tipos de apropriação dos elementos

abióticos e bióticos estão diretamente relacionadas aos modelos de dissecação (D), agradação (A) e antropogênicos. Tais modelados se manifestam na paisagem a partir de arranjos organizados pela evolução dos biótopos condicionados pelo reservatório. Isso significa que as manifestações resultantes das condições antropogênicas ou antropnaturais circunscritas na paisagem guardam relação com o uso vigente nas formas de relevo e da ocupação da terra, sendo fundamentais para a classificação temporal dos biótopos afetados pela mudança na estrutura sistêmica da área de influência.

Dessa forma, a figura 6 evidencia os diferentes tipos de relevo existentes na área de influência da UHE antes da criação do reservatório, apresentando os modelados de agradação e dissecação ainda não transformados pelos efeitos da inundação.

Na figura 7, por outro lado, o mapa mostra a mesma área, porém, sob efeito do surgimento de modelados antropogênicos, como as planícies fluvio-lacustre antropogênicas (APFL), que foram evidenciadas somente após o represamento.

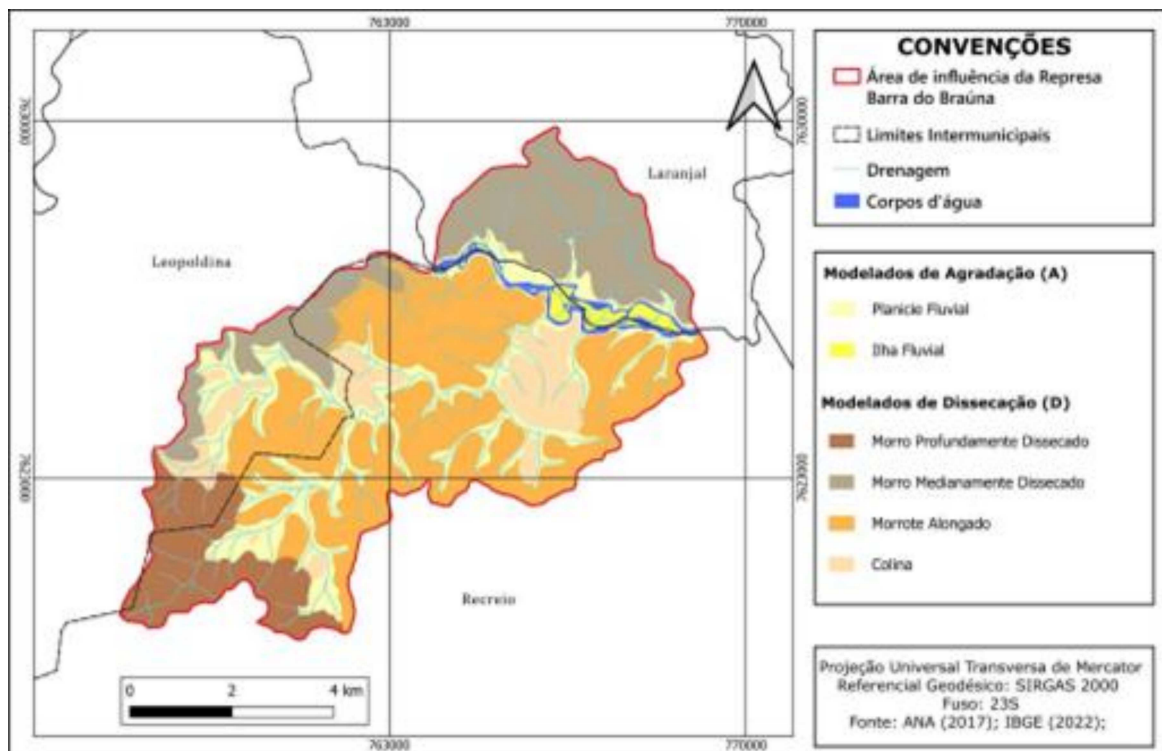


Figura 6: Mapa morfológico da área de influência da UHE Barra do Braúna em 1985.

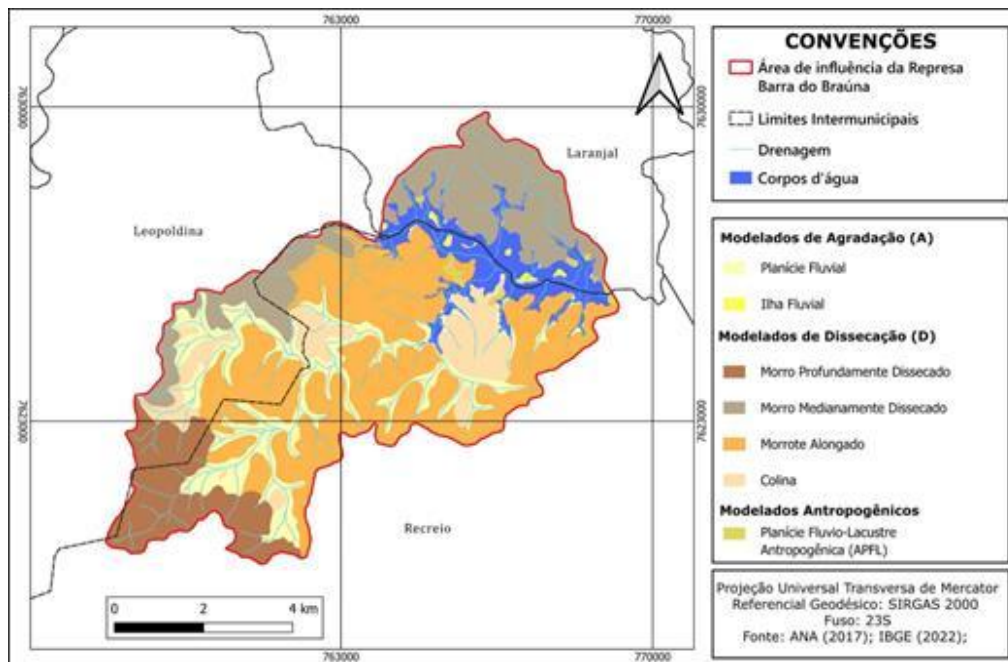


Figura 7: Mapa morfológico da área de influência da UHE Barra do Braúna em 2023

Para além disso, nos anos descritos que antecederam ao barramento (Figura 6), não se veem manifestações dos modelos antropogênicos. Isso explica por que o elemento cartográfico acrescido está completamente associado às formações de novos mosaicos na paisagem, os quais dizem respeito à modificação estrutural causada pela instalação da usina. Feições como pequenos terrenos sujos, vegetações dispersas por superfícies sem cobertura, e mosaicos de usos diversos concentrados nas áreas marginais do reservatório indicam, através da biocenose em associação à topologia, as atividades disruptivas dos sistemas ambientais vigentes e como estas se sucederam em decorrência das interferências ao longo do tempo.

Distintamente, as transformações geomorfológicas mais contundentes ocorreram nos modelados agradacionais, com a supressão de planícies fluviais e surgimento de extensões designadas como planície flúvio-lacustre antropogênica, com alterações nas estruturas físicas que dão suporte à vida nesses ambientes transicionais. A planície fluvial do rio Pomba, na área em apreço, desenvolvia-se predominantemente na sua margem esquerda, sendo integralmente suprimidas pelo represamento.

Ainda, segmentos de modelados de dissecação também foram afetados pela subida das águas, notadamente baixas vertentes de morros em diferentes padrões de dissecação que imbricavam em direção ao fundo do vale. Fora da área de influência direta do represamento

não foram verificadas transformações geomorfológicas que implicaram em evolução de formas, mantendo-se as morfologias encontradas no período pré-represamento.

5.3. Cartografia temporal dos biótopos

Conforme exposto anteriormente, a classificação e o mapeamento dos biótopos foram realizados mediante a utilização da escala 1:50.000. A partir desta, delimitaram-se as principais áreas para verificação em campo, possibilitando correções de eventuais distorções em relação à realidade. Para que isso fosse viável, foi necessário também ajustar, por meio de contraposições e relações, os levantamentos cartográficos anteriores, como as classificações morfológicas e de uso da terra. Tal procedimento permite compreender os potenciais ecológicos que as bases físicas fornecem para suportar biocenoses. Na Figura 8, observa-se a classificação dos biótopos através das categorias destacadas anteriormente:

I - Quanto à natureza

II - Quanto à forma

III - Quanto ao Estado ambiental (analisados em campo).

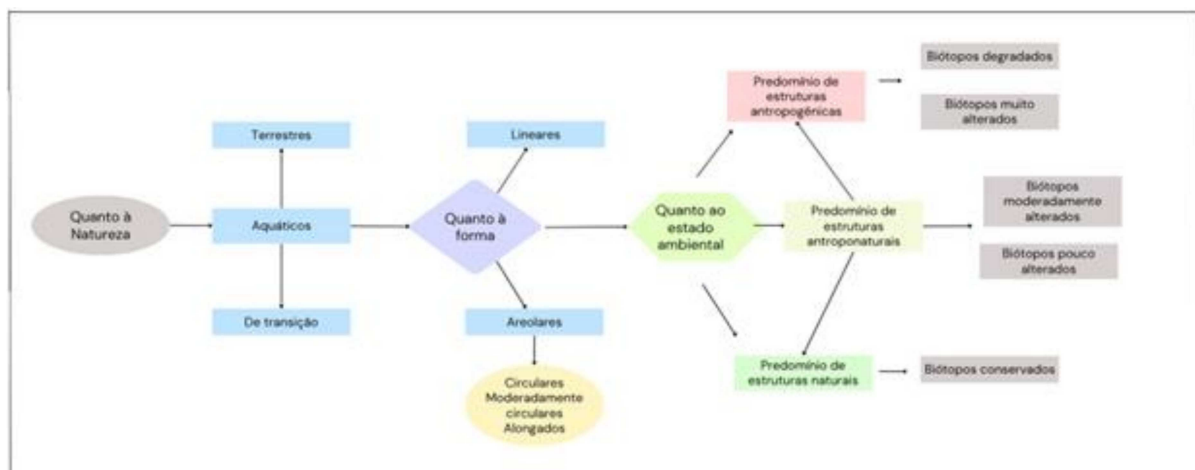


Figura 8: Organização da classificação dos biótopos na área de influência da UHE.

A estrutura geral da classificação parte do agrupamento em categorias de biótopos terrestres (areolares e lineares), biótopos aquáticos (areolares e lineares) e biótopos de transição. Cada um destes apresenta predomínio de estruturas influenciadas pelo grau de interação das relações humanas com a natureza e pela morfologia da paisagem. Tais biótopos

podem ser percebidos segundo o predomínio de estruturas naturais, antroponaturais e antropogênicas

Nos mapas a seguir (Figura 9 e Figura 10), nota-se a evolução dos elementos observados na cartografia antecedente ao represamento. Isso ocorre porque as evoluções geossistêmicas e dos biótopos são diretamente proporcionais à formação do reservatório e a uma nova apropriação socioambiental de uma área rural e pouco povoada. Tal cenário gera, por consequência, transformações da paisagem, bem como a reação socioambiental ao atravessamento abrupto dos limiares impostos pela natureza até então.

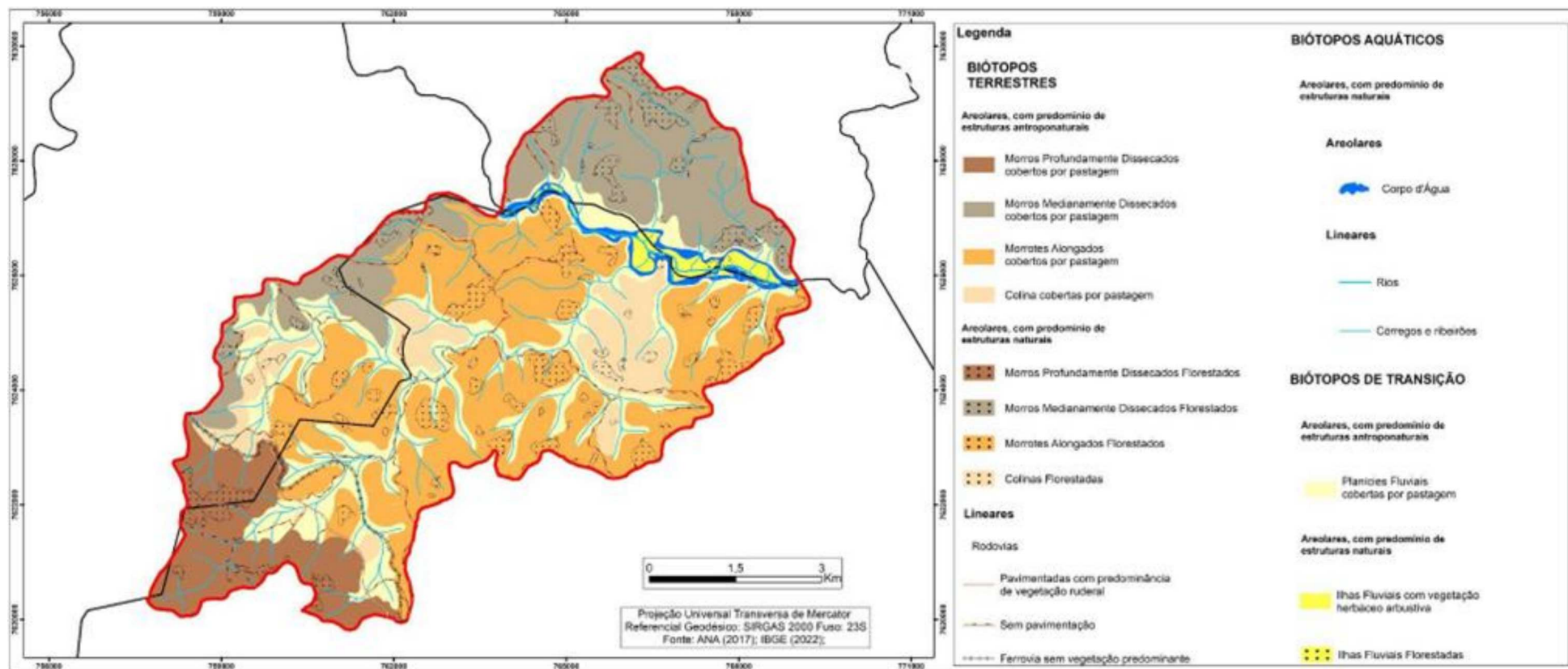


Figura 9: Mapa de biótopos em 1985 da área de influência da UHE Barra do Braúna

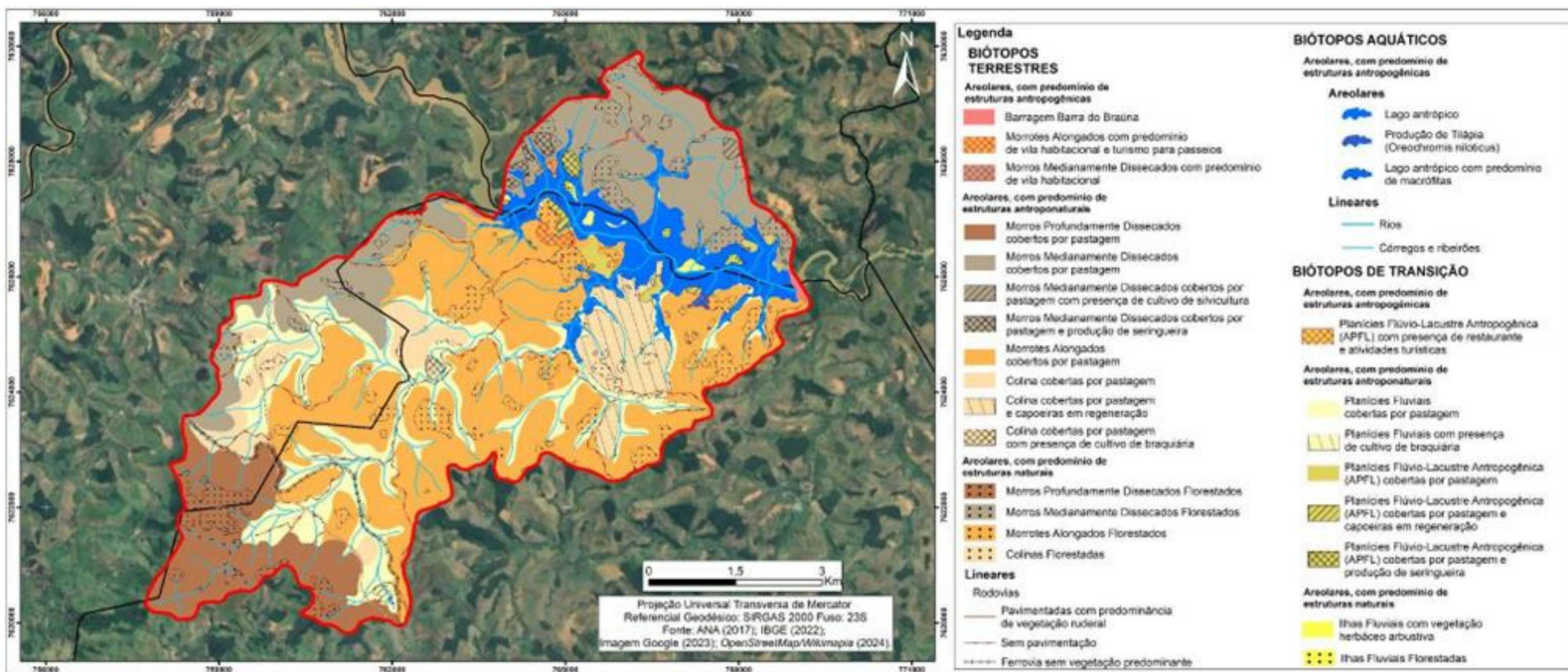


Figura 10: Mapa de biótopos em 2023 da área de influência da UHE Barra do Braúna.

Notadamente, os biótopos com predomínio de estruturas antroponaturais apresentaram maior expressão espacial na área de estudo, ao passo que aqueles com predomínio de estruturas naturais se mostraram bastante residuais e descontínuos. Os biótopos com predomínio de estruturas antropogênicas são melhor percebidos por meio da leitura da paisagem em campo, visto que são dimensionados em distintas categorias, conforme o grau de impacto e alteração nos elementos circunscritos. O levantamento de campo também contribuiu para um detalhamento mais sensível das estruturas naturais dos biótopos e de suas formas. Dessa forma, a classificação em escala de detalhe foi categorizada sob diferentes perspectivas, com a descrição de suas biocenoses e a verificação do predomínio de estruturas de origem antropogênica, antroponatural ou natural.

Assim sendo, as figuras 11, 12 e 13 evidenciam, com amostragens representativas, os diferentes graus de antropização dos biótopos interpretados e cartografados.

Embora as imagens não possam refletir toda a magnitude e variabilidade das transformações sob influência direta, pode-se perceber, ao longo dessas características, que as manifestações e sucedem por meio de mudanças sistêmicas e escalonadas no decorrer do tempo. Tal processo demonstra graus de similaridade nas diferentes paisagens que delimitam a área de influência da usina.



Figura 11: Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas naturais.

A) Domínio fragmentado de biótopos terrestres areolares, com predomínio de estruturas naturais em colinas florestadas com vegetação nativa. B) Fragmento isolado de biótopo terrestre areolar, com predomínio de estruturas naturais em morrote alongado e florestado com vegetação nativa. C) barra de meandro florestada com predomínio de vegetação nativa e algumas capoeiras em regeneração; biótopos com predomínio de estruturas naturais e pouco

alteradas. D) Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais em barras de meandro florestadas com vegetação nativa e capoeiras em regeneração.

Nessa escala, observa-se que se acentua o grau de preservação da vegetação nativa em ilhas fluviais e fragmentos florestais - as quais se apresentam fragmentadas e desconexas. É possível notar, sobretudo, fragmentos florestais dispersos e ausentes de variabilidade genética e de deslocamento entre as espécies remanescentes, onde sítios, estabelecimentos de moradia e criação de pasto bovino são comumente vistos rompendo a zona de continuidade entre as vegetações menos alteradas. A relativa preservação dessas áreas pode ser explicada pelo plano de licença operacional da Usina, o qual demandou a delimitação de novas Áreas de Preservação Permanente (APPs). Contraditoriamente, os fragmentos florestais remanescentes não possuem valores significativos à reprodução das sociedades e à manutenção de espécies afetadas pelas mudanças ecossistêmicas.

A Figura 12, em potencial diferente do estado ambiental anterior, evidencia a evolução dos estágios sucessionais a partir da presença antrópica em áreas de pastagem sem uso direto ou intensivo, o que pode ser observado pela presença de diferentes hábitos vegetais – herbáceo, arbustivo e arbóreo -, dispersos em áreas de pastagem ou consorciados a pequenos talhões de produção agrícola. No caso de pastagens em diferentes contextos geomorfológicos, os elementos presentes na paisagem se refletem em manifestações como capoeiras em regeneração, cultivo de capim, estradas de chão e cercamentos incompletos.

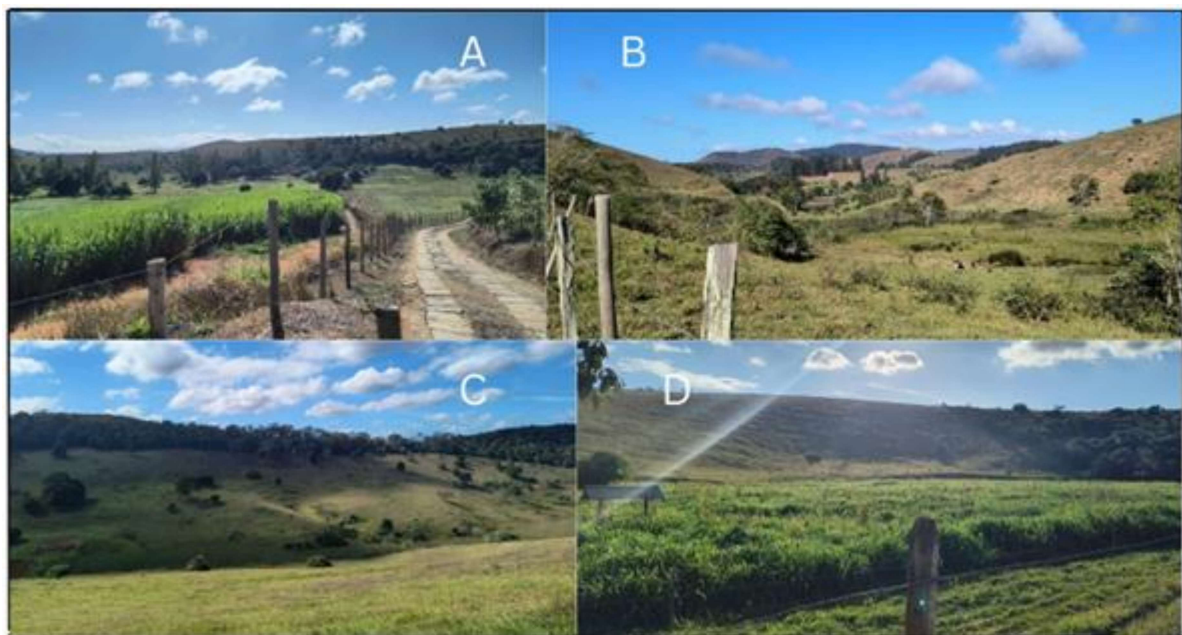


Figura 12: Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas antroponaturais.

A) Domínio de biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais em planícies fluviais com cultivo de braquiárias. Nota-se fazenda de grande porte com presença de

pastagem limpa, pequena silvicultura e capoeiras em regeneração. B) Paisagem composta majoritariamente por biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais em planícies fluviais, cobertas por pastagens sujas e capoeiras em regeneração. C) Morro medianamente dissecado com predomínio de biótopos antroponaturais, caracterizados por pasto limpo (sem presença de gado) e capoeiras em regeneração. D) Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais em planície fluvial, com presença de cultura de braquiária e criadouro para gado bovino.

Ao longo dos anos, condicionantes como o aumento no número de habitações e cercamentos para diversos fins comprimem as relações fundamentais para o estabelecimento de conexão ambiental entre áreas conservadas. A disposição antrópica está organizada por meio de estruturas dispersas e com paisagens em estágios de recuperação primária, desprovidos de função social.

Na Figura 13, ainda sob a mesma perspectiva, evidencia-se uma amostragem dos biótopos com predomínio de estruturas antropogênicas.

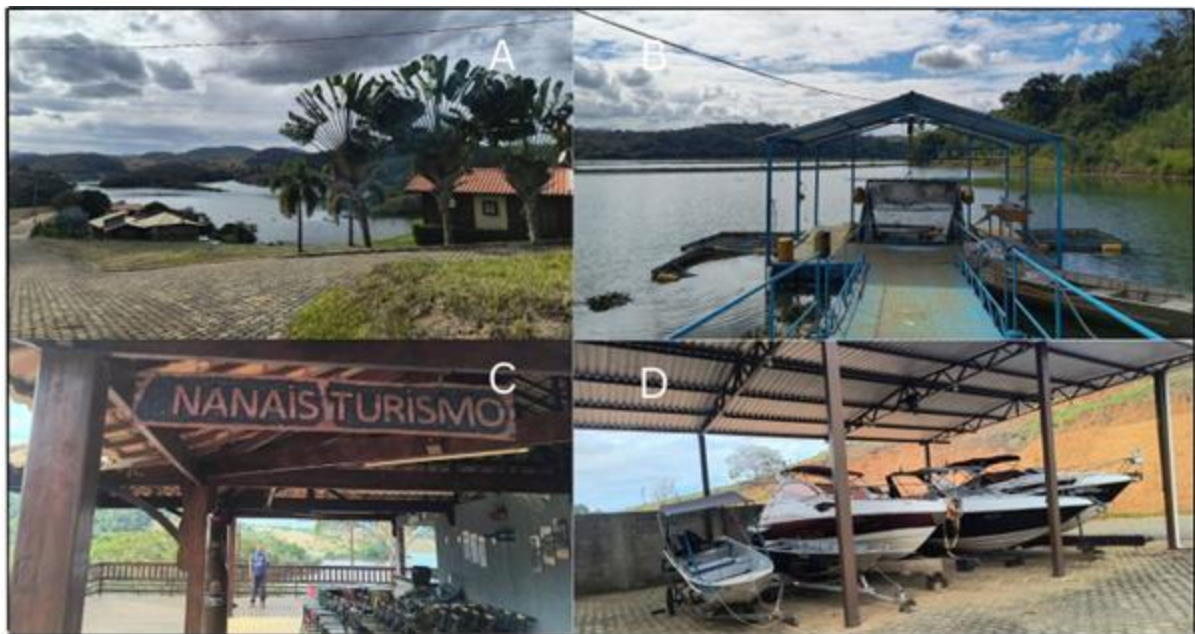


Figura 13: Variabilidade de biótopos com predomínio de estruturas antropogênicas.

A), C) e D) Biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antropogênicas, representados por condomínios de luxo voltados a eventos turísticos, venda e aluguel de imóveis para habitação nas áreas limítrofes do reservatório. B) Biótopos aquáticos areolares com predomínio de estruturas antropogênicas, destinados à produção comercial de tilápia (piscicultura) na região.

As manifestações antropogênicas estão diretamente associadas às áreas limdeiras ao reservatório. Os elementos destacados nas figuras fazem parte de condomínios de luxo e estabelecimentos comerciais que abastecem a cultura do entretenimento, por meio do usufruto direto da lâmina d'água gerada pelo represamento. Isso explica, por exemplo, as atividades

turísticas crescentes e os comércios marginais. Vale a inferência, ainda, acerca das paisagens originadas diretamente da formação do reservatório e da incompatibilidade de recuperação das áreas afetadas, o que gera novos ecossistemas (Figura 14).

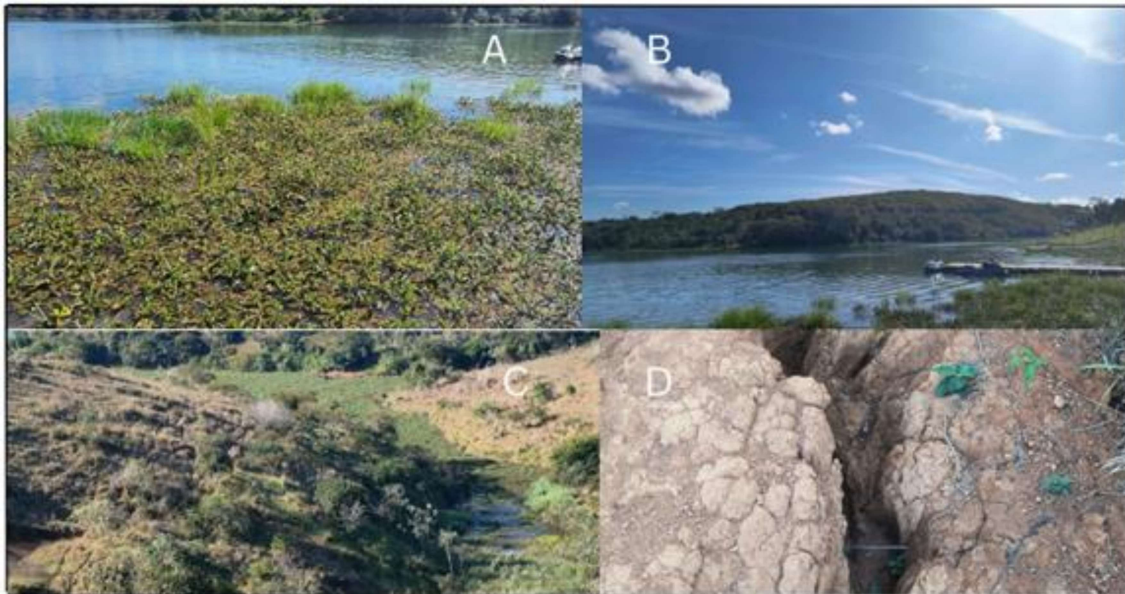


Figura 14: Predomínio de biótopos originados das influências antropogênicas.

A) Domínio fragmentado de biótopos aquáticos em ambientes lânticos, com presença de macrófitas e acúmulo de matéria orgânica. B) Predomínio de biótopos antropogênicos para fins turísticos e comerciais, representados por passeios de barcos e jet-skis com aproveitamento do ambiente lântico. C) Ecossistema gerado pelo ambiente lântico com predomínio absoluto de macrófitas. D) Falhamento exposto próximo à lâmina d'água, com processos geomorfológicos atenuados pela dinâmica hídrica na formação do reservatório.

Os fatos evidenciados decorrem, sobretudo, da formação do ambiente aquático de caráter lântico provocado pelo represamento. Isso ocorre porque as propriedades geradas são conformadas ao longo do tempo por meio do acúmulo de matéria orgânica e do assoreamento, desencadeados pela baixa movimentação da água. Tais condições favorecem a proliferação de macrófitas, bem como a formação de ambientes voltados ao entretenimento, funcionais para passeios de barco, pesca esportiva e criação de peixes em cativeiro.

Indefectivelmente, o suporte físico para as biocenoses foi mais profundamente alterado no espaço represado. A mudança para uma ecologia eutrófica é responsável pela proliferação das macrófitas aquáticas, o mais visível bioindicador de tais mudanças, posto que não ocorriam nos biótipos fluviais anteriores ao represamento. A conversão de um sistema fluvial em um sistema lacustre implica em mudanças ecológicas significativas, com reflexos contundentes nas

espécies que vão habitar a área, que fica mais favorável para a exploração de espécies adaptadas a ambientes com baixas taxas de oxigênio dissolvido.

O afogamento de planícies fluviais inundou ambientes de solos hidromórficos e diques marginais que aportavam matas ciliares, suprimindo assim substratos de natureza intrazonal e bastante específico, que outrora aportavam tais formações ciliares e vegetações de planícies fluviais, ecossistemas estes que foram os mais afetados pelo represamento.

No conjunto dos modelados de dissecação, o domínio de Latossolos em associação ao clima tropical sazonal da área dava aporte à Floresta Estacional Semidecidual, definindo-se a relação biótopo-biocenose dominante na região, a considerar as estruturas originais da paisagem. Notoriamente, ainda anteriormente ao represamento os biótopos já se encontravam significativamente modificados, ainda que as formações florestais remanescentes permitam reconstituir a configuração original. Tais contextos morfopedológicos são compatíveis com atividades agrossilvopastoris, conforme se verifica na área de estudo.

Morrarias e colinas latolizadas, portanto, figuram como biótopos que vem aportando pastagem ao longo de décadas (vide os mapas temporais de uso e cobertura da terra). Após o represamento verifica-se alguma diversificação dos biótopos presentes, não em virtude da regeneração florestal, mas em função da chegada de novas formas de uso, distintamente a silvicultura.

5.4. Mapeamento dos biótopos na escala de 1:10.000.

Os resultados obtidos com a Figura 15 evidenciaram que os biótopos mais impactados estão presentes nas zonas lindeiras do reservatório. Isso advém do desenvolvimento principal dos biótopos aquáticos e seus efeitos nas demais áreas apresentadas pelo mapa.

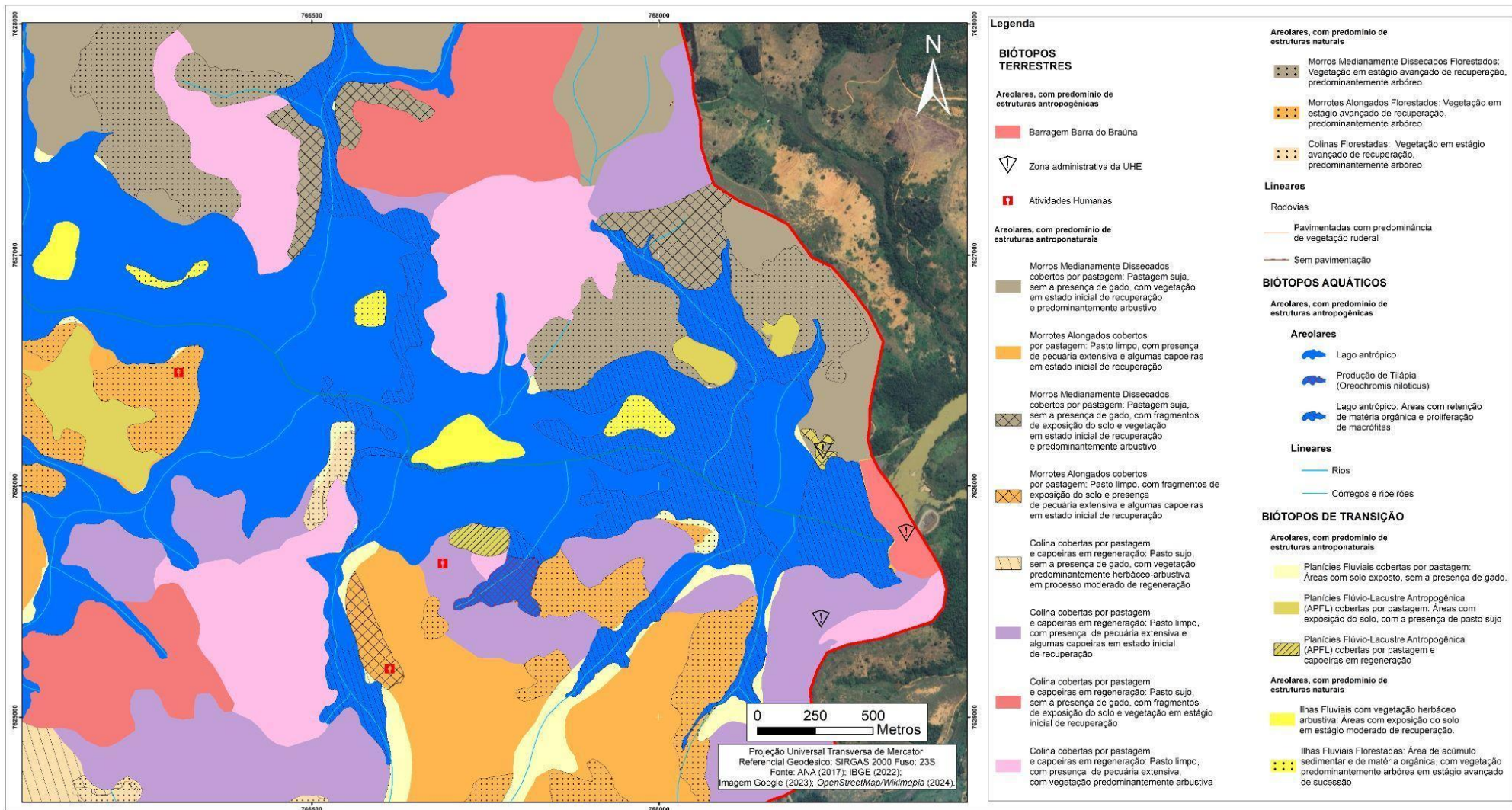


Figura 15: Impactos antropogênicos em escala de 1:10.000.

No domínio dos *biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais*, a paisagem é definida por compartimentos de relevo mais declivosos e florestados, como os *Morros Medianamente Dissecados, Morrotes Alongados e Colinas Florestadas*. Nesses locais, a vegetação nativa encontra-se em estágio avançado de recuperação, apresentando um caráter predominantemente arbóreo. Já nos *biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais*, o cenário se altera para uma dinâmica de uso direto, ocorrendo tanto nos Morros e Morrotes quanto nas Colinas. A cobertura da terra é definida, sobretudo, por pastagens, com criação de gado para pecuária extensiva - variando entre o pasto limpo e o pasto sujo, ativos e inativos, capoeiras em estágio inicial de recuperação e vegetação herbáceo-arbustiva, marcando áreas onde a vegetação ainda está em seus estágios iniciais de sucessão ecológica.

Ao que tangencia os *biótopos aquáticos*, apresentam-se estruturas antropogênicas, pelo domínio completo da produção econômica dada pelas condições do alagamento, onde o ambiente lântico do lago é aproveitado para a produção comercial de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e para o entretenimento e lazer. Nesses ambientes aquáticos, nota-se a proliferação de macrófitas (*Pontederia crassipes*) e retenção de matéria orgânica especialmente nas áreas de grotas do reservatório onde o fluxo é ainda menor. Contudo as regiões ocupadas pelas macrófitas são variáveis devido ao seu caráter transitório por períodos climáticos. Com o mapeamento em escala de maior detalhe voltado para a área mais transformada, foi possível detectar tais especificidades vinculadas ao uso múltiplo das águas da represa e suas relações com as espécies dominantes.

Os biótopos de transição, definidos predominantemente pelas Planícies Flúvio-Lacustres (APFL) e pelas Ilhas fluviais, advém do desenvolvimento direto dos ajustes naturais e aquáticos diante da criação do reservatório, visto que o alagamento materializou transformação nos biótopos a partir do aumento na extensão horizontal da lâmina d'água, suprimindo os biótopos de encosta, gerando ilhas distantes entre si e planícies antropogênicas. A cobertura da vegetação, costuma variar desde vegetação herbáceo-arbustiva nativa em barras de meandro até áreas de solo exposto pelas pastagens extensivas. Nesse âmbito, a presença de capoeiras em estágios iniciais de regeneração nas margens reflete o impacto da oscilação do nível d'água e da ocupação antroponatural nas regiões lindeiras.

Os quadros a seguir evidenciam o conjunto de relações estabelecidas pelos biótopos em função dos parâmetros analisados em escala de 1:10.000. Esses valores externam elementos concernentes ao desenvolvimento dos biótopos ao longo do tempo, contrastando com os efeitos pós-represamento da área de influência. Os parâmetros utilizados para nomenclatura foram definidos pela abreviação das camadas dos biótopos, como evidenciado na metodologia. Concomitantemente a isso, às análises da presença de macrófitas aquáticas; alteração do relevo; alteração nos processos deposicionais (APD); deslocamento humano; aspectos da água e superfície inundada.

Quadro 15: Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais.

Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas naturais						
Biótopo (I.I)	Presença de macrófitas aquáticas	Alteração do relevo	A.P.D	Deslocamento Humano	Aspectos da Água	Superfície inundada
M.M.F	-	Baixo	Baixo	Não	-	-
M.A.F	-	Médio	Baixo	Não	-	-
C.F	-	Alto	Baixo	Sim	-	-

M.M.F: Morros medianamente dissecados florestados: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.

M.A.F: Morrotes alongados florestados: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.

C.F: Colinas florestadas: vegetação em estágio avançado de recuperação, predominantemente arbóreo.

Quadro 16: Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais.

Grau de impacto nos biótopos terrestres areolares com predomínio de estruturas antroponaturais						
Biótopo (I.II)	Presença de macrófitas aquáticas	Alteração do relevo	A.P.D	Deslocamento Humano	Aspectos da Água	Superfície inundada
M.M.D.P	-	Alto	Baixo	Sim	-	-
M.A.C.P	-	Alto	Médio	Sim	-	-
M.D.P.S	-	Alto	Médio	Sim	-	-
M.A.P.S	-	Alto	Baixo	Sim	-	-
C.P.C.R	-	Alto	Baixo	Sim	-	-
C.P.C.L	-	Alto	Alto	Sim	-	-
C.P.R.S	-	Alto	Baixo	Sim	-	-
C.P.L.A	-	Médio	Médio	Sim		

M.M.D.P: Morros medianamente dissecados cobertos por pastagem: pastagem limpa, sem a presença de gado, com vegetação em estado inicial de recuperação e predominantemente arbustivo.

M.A.C.P: Morrotes alongados cobertos por pastagem: pasto limpo, com presença de pecuária extensiva e capoeiras em estágio inicial de recuperação.

M.D.P.S: Morros medianamente dissecados cobertos por pastagem: pastagem suja sem a presença de gado, com fragmentos de exposição do solo e vegetação em estado inicial de recuperação, predominantemente arbustivo.

M.A.P.S: Morrotes alongados cobertos por pastagem: pasto sujo com fragmentos de exposição do solo, sem presença de pecuária e capoeiras em estágio inicial de recuperação, predominantemente arbórea e arbustiva

C.P.C.R: Colinas cobertas por pastagem: pasto sujo, sem a presença de gado, com vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, em processo moderado de regeneração.

C.P.C.L: Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto limpo, com a presença de pecuária extensiva e vegetação em estágio inicial de recuperação.

C.P.R.S: Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto sujo, sem a presença de gado, com fragmentos de exposição do solo e vegetação em estágio inicial de recuperação.

C.P.L.A: Colinas cobertas por pastagem e capoeiras em regeneração: pasto limpo sem a presença de gado, com vegetação predominantemente arbustiva.

Quadro 17: Grau de impacto nos biótopos transição areolares com predomínio de estruturas antroponaturais.

Grau de impacto nos biótopos de transição areolares com predomínio de estruturas antroponaturais						
Biótopo (II.II)	Presença de macrófitas aquáticas	Alteração do relevo	A.P.D	Deslocamento Humano	Aspectos da Água	Superfície inundada
P.F.P	-	Médio	Alto	Não	-	-
A.P.F.L.P	-	Alto	Alto	Não	-	-
A.P.F.L.C	-	Alto	Médio	Sim	-	-

P.E.P: Planícies fluviais cobertas por pastagem: áreas com fragmentos de exposição do solo, sem a presença de gado, com vegetação predominantemente herbácea-arbustiva.

A.P.F.L.P: Planícies flúvio-lacustre antropogênica cobertas por pastagem suja: áreas com exposição do solo, com a presença de pecuária extensiva.

A.P.F.L.C: Planícies flúvio-lacustre antropogênica cobertas por pastagem suja e capoeiras em regeneração, com vegetação predominantemente herbácea-arbustiva.

Quadro 18: Grau de impacto nos biótopos aquáticos areolares com predomínio de estruturas antropogênicas.

Grau de impacto nos biótopos aquáticos areolares com predomínio de estruturas antropogênicas						
Biótopo (III.I)	Presença de macrófitas aquáticas	Alteração do relevo	A.P.D	Deslocamento Humano	Aspectos da Água	Superfície inundada
C.T	Altamente concentrado	Médio	Médio	Sim	pH: 6,9	29,945 m ²
					Sólidos dissolvidos: 40ppm	
					Condutividade elétrica: 124 µs	
L.A.M.O	Altamente Concentrado	Baixo	Alto	Sim	pH: 5,48	1,088,677 m ²
					condutividade elétrica: 83µs	
					sólidos dissolvidos: 31ppm	

C.T: Área com produção e pesca de Tilápia (*Oreochromis niloticus*).

L.A.M.O: Lago antrópico com áreas de retenção de matéria orgânica e proliferação de macrófitas.

O quadro demonstra que a intensidade dos impactos nos biótopos terrestres é diretamente proporcional ao grau dos impactos antropogênicos, uma vez que áreas com exposição do solo e focos de erosão, majoritariamente, são ocupadas pela presença de pastagem com ou sem presença de gado. Já nas áreas ocupadas por composições arbóreas são APP's. Nos biótopos de transição, grande parte dos efeitos suscitados do represamento vinculam-se com a inundação abrupta, o que gerou zonas específicas de acúmulo de material orgânico e sedimentar, favorecendo a degradação das margens e a diminuição da vegetação ciliar. O desenvolvimento dos biótopos aquáticos foi qualificado em consonância à coleta de amostras de água em cinco pontos diferentes. No entanto, para uso comparativo evidenciado pelo quadro, utilizou-se apenas as amostras que estivessem associadas ao biótopo aquático específico para se obter o contraste entre os biótopos mais afetados, sendo eles: I – Estabelecimentos comercial de peixes. II – Zona com proliferação de macrófitas aquáticas. Nesse sentido, os resultados revelaram que a proliferação de macrófitas aquáticas somadas ao baixo estado de conservação das áreas limítrofes do reservatório esboçam o grau de degradação da paisagem apresentada.

O mapeamento em escala de detalhe se mostrou importante (1) para evidenciar biótopos cujo mapeamento não se fez viável em escala de semidetalle em função dos princípios de generalização atrelados e (2) para destacar as possibilidades multiescalares da estrutura metodológica apresentada, sublinhando sua aplicabilidade em diferentes escalas. Embora o ponto focal tenha sido colocado nos espaços mais antropizados, certamente a mudança de escala tende a prover detalhamento de informações em diferentes estruturas espaciais.

5.5. Algumas implicações socioambientais do represamento

A instalação da barragem gerou com a formação do reservatório uma lâmina d'água de 1245,63 hectares (12,5 km²) com 785,73 hectares correspondendo às terras inundadas e os outros 459,90 hectares são referentes à calha do rio, possuindo uma cota de elevação de 152 metros. (Parecer N° 48, 2020). A visto disso, a Deliberação normativa COPAM n° 207 (2017), afirma que se trata de uma represa de médio porte com potencial classificatório poluidor classe 5. No caso da formalização do processo de licenciamento ambiental, deu-se inicialmente em 16/04/2004 através do plano de controle ambiental (PCA) solicitado à Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) que, posteriormente, em 2006 deliberou a documentação necessária

para Licença de instalação (LI) da Usina. No ano seguinte, iniciou sua instalação e em 2009 teve a licença permitida para geração de energia elétrica referendada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), iniciando as atividades da UHE Barra do Braúna.

No entanto, de acordo com ANEEL (2008) em 2022, o Extrato do Sétimo Termo Aditivo ao Contrato de Concessão emite a formalização da transferência do contrato de concessão da Barra do Braúna Energética S.A. para a Elera Renováveis S.A (*Brookfield Corporation*), uma multinacional.

Em casos como estes, ocorrem mudanças significativas nas competências práticas para operação da Usina. Um dos impactos que podem estar relacionados, está presente na alteração da capacidade de *lobby* e na administração local. Com a transferência do controle para grupos multinacionais, como a *Brookfield*, a gestão da usina passa a operar sob uma lógica ambiental global, resultando em um distanciamento administrativo que inviabiliza a mediação de conflitos, uma vez que as decisões são pautadas por conferências externas, o que reduz a autonomia dos atores locais e das populações atingidas na negociação de medidas mitigadoras.

Isso demonstra que o que deveria ser um processo transparente de monitoramento ambiental, torna-se um processo burocrático e impenetrável, visto que existem barreiras que advêm da limitação ao acesso às dependências da usina e áreas adjacentes, o que gera um impacto direto no desenvolvimento científico regional. Ao dificultar a entrada de pesquisadores e a coleta de dados primários, a empresa cria um monopólio da informação sobre a qualidade ambiental da bacia, limitando a capacidade da academia e das populações locais em produzir estudos que possam contestar os relatórios emitidos pela Usina.

Conforme relatos de moradores locais, muitas das áreas desapropriadas foram adquiridas em processos de negociação assimétricos através de usucapião e, em diversos casos, sem a devida regularização documental. Esse tipo de contato, resultou em uma descaracterização dos usos históricos da terra, onde a ausência de títulos formais pode ter sido utilizada como instrumento de desvalorização das áreas para fins de indenização, desencadeando um processo desigual para os antigos ocupantes frente ao poder econômico do empreendimento.

Na fase de operação, com inundação de terras produtivas e de pastagens, o impacto mais significativo e de maior relevância ocorreu sobre as propriedades rurais, que tiveram alienação involuntária de terras e benfeitorias, tendo como consequência imediata, a total

transformação da estrutura fundiária da região com o comprometimento das produções agrícolas e pecuárias, bem como, nas perdas de postos de trabalho com grande reflexo social, e, principalmente na ruptura de relações de parceria, fatos estes que levaram a várias ações na justiça. (Parecer N° 48, 2020, p. 20).

O Parecer n° 48 (2020), emitido pelo Governo de Minas Gerais, é referente à análise do pedido de renovação da Licença de Operação n° 865/ZM emitida à Barra do Braúna Energética S.A. Neste documento, são evidenciadas características quantitativas e qualitativas dos efeitos do represamento, sendo elas: desestabilização das encostas e margens do reservatório e do rio Pomba a jusante da barragem; alteração da dinâmica de sedimentação; modificação do uso dos solos nas margens decorrentes da adoção da faixa de APP; transformação de um ambiente lótico em lêntico; diminuição da capacidade de autodepuração das águas; interrupção de fluxo migratório da ictiofauna; lançamento de esgotos sanitários e resíduos orgânicos dos municípios da área de influência (Laranjal, Recreio e Leopoldina); estratificação das águas com aumento de temperatura na superfície e dificuldade de penetração da luz solar nas partes mais profundas; inundação de terras produtivas e de pastagens; e transformação da estrutura fundiária da região com o comprometimento das produções agrícolas e pecuárias.

Na área de influência direta (AID), um inventário apontou a existência de 156 propriedades rurais com partes de suas terras inundadas, com inundação de 62 pequenas ilhas, áreas estas pertencentes a 147 proprietários, totalizando 246 atingidos entre proprietários e não proprietários. (Parecer n° 48/Semad/Supram Mata-Drra, 2020, p. 22).

Devido ao grande histórico de exploração dos recursos naturais por meio de mineradoras e ao ciclo econômico do café nos séculos XIX e XX, a maior parte da Zona da Mata mineira foi afetada por um intenso processo de degradação e eliminação de sua cobertura vegetal nativa (AGEVAP, 2007). Nas imagens de satélite, são perceptíveis mosaicos extensos de cobertura vegetal em fases de regeneração, com presença de brejos e pastos sujos, disparatados entre si. Os fragmentos florestais são completamente dispersos, não apresentando troca de fluxos gênicos e de matéria, o que dificulta a regeneração da cobertura vegetal incipiente, bem como provoca a diminuição da biodiversidade que, por consequência, se desdobra em diferentes parâmetros de qualidade ambiental comprometida.

Não diferentes dos demais municípios desta região, Recreio/MG, vem nos últimos anos sofrendo com os impactos provocados pela crise hídrica, em função dos efeitos climáticos globais e o uso inadequado dos recursos hídricos, seja na qualidade dos efluentes gerados para as atividades domésticas e comerciais do município os quais são lançados sem os devidos tratamentos nos cursos d'água ou na quantidade de aporte sendo estes na sua maioria sem outorgas perante os órgãos

responsáveis, comprometendo significativamente a quantidade e qualidade dos seus cursos d'água. (PMGIRS, 2020, p. 36).

Diante desses fatores, de acordo com a AGEVAP (2007), a presença de áreas em regeneração das coberturas vegetais, ocupadas pela dinâmica comercial pastoril, reflete a inclinação regional na produção de laticínios e gado de corte, o que circunda uma importante estrutura comercial da área e abastece, por exemplo, pequenos produtores rurais que podem ter sido afetados pelo reservatório, onde se evidencia o aporte contundente de pastos sujos e abandonados. Para além desses casos, infere-se, também, a importância das estruturas na paisagem concernentes à ictiofauna que, precedentes ao represamento, apresentavam-se como uma prática sustentável viável para a pesca amadora e profissional, com abastecimento autossuficiente de pequenos assentamentos rurais e de agricultura familiar.

Abaixo, evidencia-se no quadro 19, o contraste entre as condições apresentadas no plano de apoio socioambiental dos elementos afetados pelo reservatório, através do parecer nº 48 (2020), e o estado contemporâneo das variáveis transformadas, levantadas em campo em dezembro de 2025.

Quadro 19: **Medidas mitigadoras apresentadas pela UHE constatadas em campo.**

Medidas mitigadoras apresentadas pela Usina	Condições constatadas em trabalho de campo: Estado ambiental.
Programa de Monitoramento e Correção de Focos Erosivos (I)	<ul style="list-style-type: none"> • Focos de esgotamento do solo em regiões próximas à barragem. • Zonas de clareiras nas colinas, morros e morrotes. • Falhamento profundo do relevo em áreas com maiores declives. • Solo majoritariamente lixiviado.
Programa de Recomposição Florestal do Entorno do Reservatório (II)	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de vilas habitacionais nas regiões lindeiras do reservatório. • Mata ciliar inexistente ou com baixa presença em estágio inicial de recuperação. • Fragmentos dispersos de matas ciliares em estágios avançados de vegetação. • Presença de pastagem em regiões lindeiras do reservatório. • Elevado número de planícies-flúvio-lacustre antropogênicas.

Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (III)		<ul style="list-style-type: none"> • Macrófitas aquáticas encobrendo a maior parte da lâmina d'água. • Diminuição severa da pesca pela invasão das macrófitas nos ecossistemas de cultivo. • Presença arcaica de cabos de aço atravessados entre as margens para impedir o deslocamento das macrófitas. • Limitação completa do deslocamento de barcos e passeios turísticos. 				
Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água (IV)	pH	Ponto 1 6,9	Ponto 2: 6,45	Ponto 3: 5,48	Ponto 4: 5,48	Ponto 5: 5,54
	Sólidos Dissolvidos	40 ppm	33 ppm	30 ppm	38 ppm	31 ppm
Programa de Monitoramento da Ictiofauna (V)		<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecimento comercial de peixes inativado pela diminuição abrupta no número de peixes. • Ambientes aquáticos tomados por macrófitas. 				
Plano de Educação Ambiental (PEA) (VI)		<ul style="list-style-type: none"> • Nenhuma evidência constatada. 				

Os dados do quadro 19 avaliam qualitativamente os resultados dos planos de mitigação realizados pela usina nas áreas que foram afetadas pela criação do reservatório, evidenciando os aspectos que puderam ser verificados quanto ao seu estado ambiental em trabalho de campo. Constata-se pelos dados, portanto, que estes são majoritariamente disfuncionais em relação à proposta de manejo descrita no parecer nº 48 (2020). Os parâmetros avaliados foram: predominância de focos erosivos (Programa de Monitoramento e Correção de Focos Erosivos); presença de matas ciliares (Programa de Recomposição Florestal do Entorno do Reservatório); grau de infestação de macrófitas aquáticas (Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas); qualidade e aspectos da água (Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água); estado de funcionamento dos estabelecimentos pesqueiros (Programa de Monitoramento da Ictiofauna); e evidências de projetos de educação ambiental (Plano de Educação Ambiental).

O Programa de Monitoramento e Correção de Focos Erosivos (I) tem por objetivo, conforme o parecer nº 48 (2020), localizar focos erosivos anualmente e classificá-los em prioridade baixa, prioridade média e prioridade alta. Em campo, objetivou-se buscar a verificação desses focos erosivos e seu estado ambiental. Nota-se, portanto, um número elevado de focos de esgotamento do solo em regiões próximas à estrutura principal da barragem, como evidencia a Figura 16:



Figura 16: Zonas de focos erosivos na área de influência da UHE Barra do Braúna.

A) Falhamento abrupto do relevo em morro medianamente dissecado ao norte da área de influência da UHE. B) Falhamento abrupto do solo em morrote alongado em estabelecimento habitacional ao noroeste da área de influência da UHE. C) Relevo fragmentado com solo exposto em morro medianamente dissecado ao norte da área de influência da UHE. D) Solo exposto e revirado com vegetação predominantemente devastada em área ao lado da estrutura principal da Usina.

O Programa de Recomposição Florestal do Entorno do Reservatório (II), conforme o parecer nº 48 (2020), trata-se de um projeto com o objetivo de preservação da mata ciliar às margens do reservatório. Em campo, foi observado que em poucas áreas ainda havia vegetação ciliar remanescente, visto que as margens predominantemente são ocupadas por acúmulo de sedimentos, principalmente de origem argilosa, impossibilitando a conservação e a permanência dessas espécies. Algumas áreas também possuíam pasto com presença de gado, bem como elevado grau de degradação do solo. De fato, algumas zonas possuem vegetação ciliar em estágios avançados de sucessão com presença arbórea; no entanto, muitas delas estão fragmentadas entre si (Figura 17).



Figura 17: Estado da vegetação ciliar em diferentes pontos do reservatório.

A) Vegetação ciliar em estado inicial de regeneração, ocupada por pasto limpo em região central do reservatório. B) Vegetação ciliar em estado inicial de regeneração com presença de capoeiras em grotas central do reservatório. C) Vegetação ciliar em estágio medianamente avançado de recuperação, com algumas presenças arbóreas fragmentadas. D) Vegetação ciliar em estado avançado de regeneração com presenças arbóreas fragmentadas entre si.

O Programa de Monitoramento e Controle de Macrófitas Aquáticas (III) tem por objetivo realizar o monitoramento e a retirada das macrófitas aquáticas em casos de abundância. No entanto, em períodos com elevada precipitação e temperatura, sua proliferação se dá em medida muito acelerada e em magnitudes irreversíveis quando submetida ao controle exclusivo do empreendimento, visto que os equipamentos e a frequência não são suficientemente adequados para a retirada parcial ou total dessas espécies, inviabilizando as demais utilizações dos ambientes represados, além de alterar estruturalmente a cadeia ecológica (Figura 18).

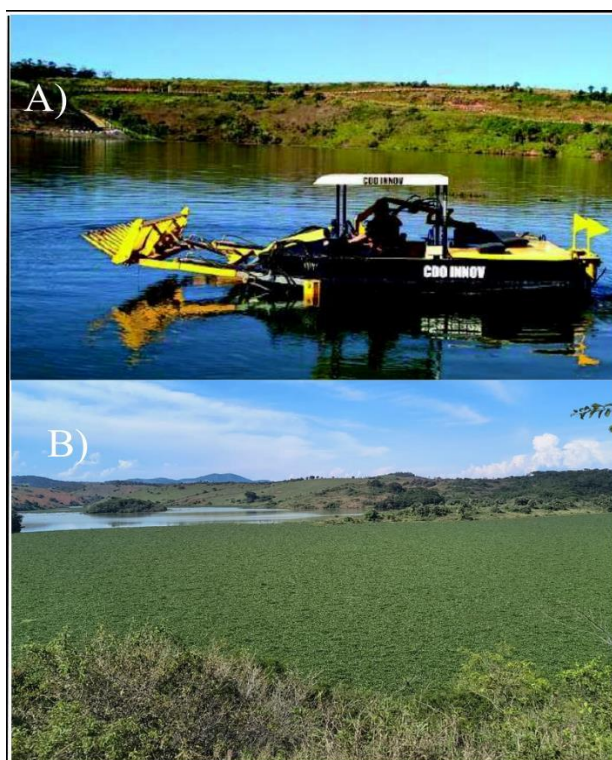


Figura 18: Máquina de retirada das macrófitas aquáticas sob ambiente infestado.

A) Barco portador hidrostático para retirada das macrófitas submersas no reservatório (Parecer N° 48 2020, p. 37). B) Fragmento na área central do reservatório com infestação de macrófitas aquáticas.

O Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água (IV) objetiva o monitoramento anual da qualidade da água, analisando parâmetros como: oxigênio dissolvido; DBO; pH; turbidez; sólidos em suspensão; cor verdadeira; ferro solúvel; óleos e graxas e fósforo total (Parecer n° 48, 2020). Para fins de verificação em campo, os parâmetros selecionados por esta pesquisa foram a avaliação dos valores do potencial hidrogeniônico e a avaliação dos sólidos dissolvidos do ambiente represado. Os valores levantados pelos dados oficiais do empreendimento refletem a média de pH entre 6 e 9 possuindo algumas exceções de acidificação em pontos diferentes de coleta. Porém, os valores apurados conforme o quadro anterior ressaltam que, majoritariamente, os resultados do pH de três dos cinco pontos coletados pela pesquisa estavam acidificados e fora dos parâmetros estabelecidos pelo Parecer n° 48 (2020).

Quanto aos valores verificados dos sólidos dissolvidos na água observou-se que nenhum dos resultados levantados pela pesquisa ultrapassou a quantidade mínima estabelecida legalmente de 100mg/l (Parecer n° 48, 2020).

Os pontos em que foram realizados os testes para a construção dos resultados, foram recolhidos em áreas próximas da barragem, diferentemente dos pontos de coleta estabelecidos pelo empreendimento hidrelétrico (Figura 19).

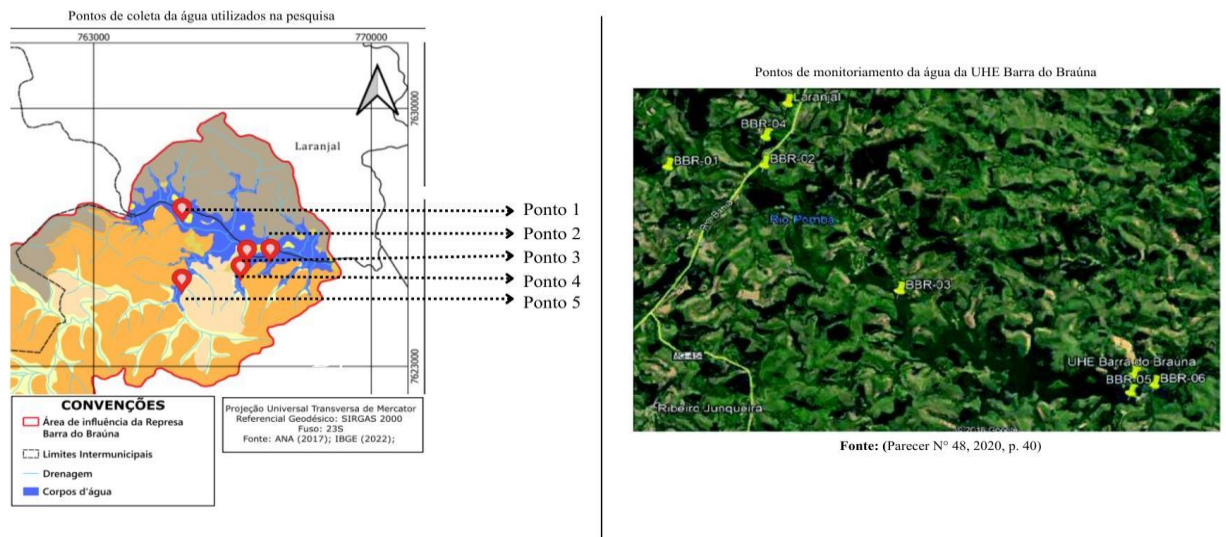


Figura 19: Comparação dos pontos de monitoramento de água da UHE Barra do Braúna com os pontos de coleta de água utilizados pela pesquisa.

O Programa de Monitoramento da Ictiofauna (V), de acordo com o Parecer n° 48 (2020), tem o objetivo de realizar o monitoramento da ictiofauna trimestralmente, contabilizando as diferentes espécies de peixes, sendo elas, de acordo com a última contagem, 36 espécies pertencentes a 21 famílias e sete ordens. Os dados percebidos em campo, principalmente em trabalho de visitação ao estabelecimento comercial de peixes, revelaram que a capacidade produtiva e a pesca decresceram a níveis abruptos, inativando o estabelecimento em período de proliferação acentuada de macrófitas aquáticas (Figura 20). Relatos por parte de trabalhadores demonstram que a usina não realiza medidas de apoio às comunidades pesqueiras.



Figura 20: Proliferação de macrófitas aquáticas em estabelecimento comercial de peixes na área de influência da UHE.

A) B) Ambas as figuras evidenciam o estado contemporâneo do estabelecimento comercial de peixes, apresentando um estado alarmante de proliferação de macrófitas com mortandade aparente de peixes.

O Plano de Educação Ambiental (PEA) (VI) corresponde, de acordo com o Parecer nº 48 (2020), ao desenvolvimento de projetos e atividades na área de influência da UHE. Objetivam-se planos de conscientização e de desenvolvimento de programas ambientais com a população presente nesses territórios, além de estimular programas extensionistas com escolas e universidades nas proximidades. Em campo, por outro lado, buscaram-se evidências de quaisquer tipos de programas de educação ambiental realizados atualmente ou em outros períodos temporais, no entanto, nada foi encontrado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização dos biótopos como unidade de interpretação serviu para viabilizar uma leitura temporal e sistêmica da área de influência da UHE Barra do Braúna. Enquanto levantamento cartográfico, o arcabouço metodológico foi importante para interpretar a paisagem da área de influência da UHE através da integração das modificações do substrato físico à dinâmica da cobertura da vegetação e seus respectivos estados de impactos antropogênicos. Essa abordagem abarca princípios que colaboram para distinguir as formas de uso e ocupação da terra associado as topologias da área, indicando os efeitos suscitados de uma intervenção abrupta na qualidade dos biótopos, fruto da criação de um reservatório.

Além disso, a incorporação na pesquisa do aspecto temporal também foi eficaz para abordagem geossistêmica, uma vez que permitiu identificar a evolução dos biótopos com estruturas predominantemente naturais e antropogênicos para estruturas predominantemente alteradas por fatores antropogênicos, revelando que áreas marginais foram plenamente rearranjadas para novas funções socioambientais, como o surgimento de vilas e infraestruturas de lazer. Ou seja, estudos que concernem a contrastar temporalmente a evolução física e biótica de uma determinada área, poderá fornecer uma alternativa de se interpretar a paisagem natural, influenciando na qualidade de manejo; na relevância das comunidades populares; no desenvolvimento científico; nos projetos colaborativos; na transparência das informações e no auxílio na produção de políticas públicas.

Toda organização de base física, política, ambiental, geomorfológica, geológica foram retiradas de documentos públicos com um rico fornecimento de informações. Plataformas como *Google earth engine* e o Banco de dados disponibilizados pelo exército brasileiro foram essenciais para a interpretação em semidetalhe das paisagens. A plataforma do Qgis, também gratuita, possibilitou todo o reúno e a confecção dos documentos cartográficos, essenciais para a síntese e relação de variáveis ambientais.

A pesquisa, ao longo de sua construção, esboçou evidências de diferentes naturezas em relação a evolução dos impactos na área de influência da UHE, os resultados dessas interpretações além de revelar o grau de vulnerabilidade da área, também evidenciam a necessidade de esforços para mitigar os efeitos negativos do represamento. A produção de estudos de origem popular e acadêmica em parceria a unidade administrativa da UHE, por

exemplo, seria uma boa alternativa para mediação dos efeitos da degradação e do manejo colaborativo da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 159 p.

ADALTO MOREIRA BRAZ; IVANILTON JOSÉ DE OLIVEIRA; LUCAS COSTA DE SOUZA CAVALCANTI. A paisagem na escola russo-soviética de geografia e os princípios ao surgimento do geossistema: uma breve revisão. *In: XII JORNADA DE GEOGRAFIA*, Jataí, 2019.

AGEVAP. **Prestação de contas**. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, 2007. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/prescontas/prestacaodecontasagevap2007.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2025.

AGOSTINHO, Angelo A.; GOMES, Luiz C.; PELICICE, Fernando M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUEM, 2007. 501 p.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARBOSA, L. G.; GONÇALVES, D. L. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. *In: Élisée - Revista de Geografia da UEG*, Anápolis, v. 3, n. 2, p. 92-110, 2014.

BARROS, Juliana Neves; SYLVESTRE, Marie-Eve (org.). **Atingidos e barrados: as violações de direitos humanos na hidrelétrica Candonga**. Rio de Janeiro: Justiça Global; Ponte Nova: CPT-MG; NACAB; MAB, 2004. 112 p.

BEDÊ, L. C.; WEBER, M.; RESENDE, S.; PIPER, et al. **Manual para mapeamento de biótopos no Brasil: base para um planejamento ambiental eficiente**. Belo Horizonte: Fundação Alexander Brandt, 1997. 146 p.

BERMANN, C. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 139–153, abr. 2007.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Tradução de Francisco M. Guimarães. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.

BILLEN, G. *et al.* The concept of biotope in environmental management. **European Journal of Operational Research**, v. 102, p. 299-310, 1997.

BORTOLETO, Elaine Mundim. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discurso e impactos. **Geografares**, Vitória, n. 2, p. 1-13, 2001.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Terceiro termo aditivo ao contrato de concessão nº 11/2001 - ANEEL**. Brasília, DF: ANEEL, 2008.

BRASIL. Exército. Diretoria de Serviço Geográfico. **BDGEx: Banco de Dados Geográficos do Exército**. Brasília, DF: DSG, 2026.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL: folha SF. 23 Rio de Janeiro/Vitória**. Rio de Janeiro: MME, 1983. 780 p.

BRITO, Thiago. Humboldt entre a filosofia da natureza e a ciência moderna. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 2, 2015.

CASSIRER, Ernest. **Filosofía de la Ilustración**. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1972. p. 95.

CAVALCANTI, L. C. S. **Geossistemas do estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia**. 2010. 132 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFPE, Recife, 2010.

CAVALCANTI, L. C. S.; CORRÊA, A. C. B. Da descrição de áreas às sínteses naturalistas: uma abordagem historiográfica sobre a ideia de ‘áreas naturais’. **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 377-422, 2014.

CÉSAR, Gabriele Cristina de Lima *et al.* Avaliação da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Peti, Minas Gerais. **Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 811-822, 2020.

CÉSAR, Gabriele Cristina de Lima; KELES, J. A.; CORDEIRO, J.; LAGE, M. A. Avaliação da qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Peti, Minas Gerais. **Geociências**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 817-829, 2020.

CHORLEY, J. R.; HAGGETT, P. (ed.). **Modelos físicos e de informações em geografia**. São Paulo: EDUSP; Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**, escala 1:1.000.000. Belo Horizonte: CPRM/COMIG, 2003.

CRUZ, Carla Buiatti; SILVA, Vicente de Paulo da. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 181-190, abr. 2010.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Análise de sistemas em geografia: introdução**. São Paulo: Hucitec: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

DAHL, F. Grundsätze und grundbegriffe der biocoenotischen forschung. **Zool. Anz.**, t. 33, p. 349–353, 1908.

EMBRAPA. Súmula. *In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS*, 10., Rio de Janeiro, 1979. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 83 p.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1996. 534 p.

FEARNSIDE, Philip M. Credit for climate mitigation by Amazonian dams. **Carbon Management**, v. 4, p. 681-696, 2013.

FEARNSIDE, Philip M. Desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia. *In: FEARNSIDE, P. M. (org.). Hidrelétricas na Amazônia*. Manaus: Editora INPA, 2015. p. 9-34.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: Willey and Sons, 1986.

FROLOVA, Marina. A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e o XX. **Ra'e Ga**, Curitiba, n. 13, p. 159-170, 2007.

GOMES, Maria Raiane de Mesquita *et al.* Mapeamento taxonômico e a relação entre o relevo e os processos erosivos na sub-bacia hidrográfica do rio Jaibaras. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 17, n. 1, p. 90-111, 2023.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Parecer nº 48/SEMAD/SUPRAM MATA-DRRA/2020**. Renovação de licença de operação da UHE Barra do Braúna. 2020.

IBGE. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82 p.

IBGE. **Folha Laranjal (SF-23-X-0-II-4)**. Rio de Janeiro, 1975.

IBGE. **Folha Leopoldina (SF-23-X-D-V-2)**. Rio de Janeiro, 1975.

IBGE. **Folha Recreio (SF.23-X-D-VI-1)**. Rio de Janeiro, 1975.

JUNK, W. J.; NUNES DE MELLO, J. A. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *In: Homem e natureza na Amazônia*. Tübingen: Geographisches Institut, 1987. p. 367-385.

LENIN, Sergej; DUCROTOY, Jean-Paul. The concept of biotope in marine ecology and coastal management. **Marine Pollution Bulletin**, v. 53, n. 1-4, p. 20-29, 2006.

MAPBIOMAS. **Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. [S. l.]: Projeto MapBiomass, 2024.

MARQUES NETO, R. A questão da escala na cartografia biogeográfica: uma proposta de mapeamento de biótopos em São Lourenço (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 16, p. 201-214, 2015.

MARQUES NETO, R. Zoogeografia em ambientes de represas. **Revista de Geografia**, v. 3, p. 1, 2013.

MARQUES NETO, R.; VIADANA, A. G. Abordagem biogeográfica sobre a fauna silvestre em áreas antropizadas. **Sociedade & Natureza**, ano 18, n. 35, p. 5-21, 2006.

MARQUES, Luiz. **Capitalismo e colapso ambiental**. 3. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2018. 736 p.

MCCULLY, Patrick. **Silenced rivers: the ecology and politics of large dams**. London: Zed Books, 2001. 359 p.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 217/2017**. Belo Horizonte, 2017.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM nº 5486/2020**. Belo Horizonte, 2020.

MINAS GERAIS. **Lei nº 11.428**, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

MIRANDA, Miguel Ángel. El cosmos: entre a crise da Ilustração e o romantismo alemão. **Geocrítica**, Barcelona, ano II, n. 11, p. 5-15, set. 1977.

OLIVEIRA, Nathalia Capellini Carvalho de. A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil. **Varia Historia**, Belo Horizonte, v. 34, n. 65, p. 315-346, 2018.

PACTO GLOBAL DA ONU. **O Pacto Global da Organização das Nações Unidas**. Março, 2024.

RECREIO (MG). **Produto 2 – Caracterização municipal do PMGIRS**. Recreio: Prefeitura Municipal, 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010. 222 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

RUAS, André Luis. **Avaliação das alterações da qualidade de águas tropicais... rio Pomba**. 2006. 270 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2006.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. *In: Erosão e conservação dos solos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 340.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Relatório executivo 2017**. São Paulo: CETESB, 2017. 55 p. SENADO FEDERAL. **Agenda 21**. Brasília, DF:

Senado Federal, 1996. SERRA, J. P.; OLIVEIRA, T. A. Impactos ambientais decorrentes da construção de barragens... *In: Geografia e as dinâmicas dos biomas brasileiros*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 57-69.

SOBRINHO, Suellen Aparecida dos Santos. **Influência dos barramentos nas alterações da qualidade das águas do Rio Doce**. 2018. Monografia (Especialização) – UFMG, Belo Horizonte, 2018.

SOCHAVA, V. B. Geography and Ecology. **Soviet Geography: Review and Translation**, New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.

SOCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, n. 16, p. 1-52, 1977.

TROPPEMAIR, H. Biotopos: importância e caracterização. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 14, n. 27-28, p. 57-67, 1984.

TUNDISI, José Galizia *et al.* Limnologia de águas interiores... *In: Águas doces no Brasil*. 4. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2015. p. 203-234.

BARBOSA, Liriane Gonçalves; GONÇALVES, Diogo Laercio. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. **Elisée - Revista de Geografia da UEG**, Anápolis, v. 3, n. 2, p. 92-110, jul./dez. 2014.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Homepage**. Reston: USGS, 2026. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>.

VALE, Cláudia Câmara do. Teoria geral do sistema: histórico e correlações com a geografia... **Entre-Lugar**, v. 3, n. 6, p. 85–108, 2012.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.

VITTE, Antônio Carlos; SILVEIRA, R. W. D. Natureza em Alexander Von Humboldt: entre a ontologia e o empirismo. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 20, p. 179-195, jan. 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. 455 p.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: lodos ativados**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1997. 416 p.

ZHOURI, Andréa; OLIVEIRA, Raquel. Desenvolvimento, conflitos sociais e violência no Brasil rural... **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 119-135, 2007.

ZONNEVELD, I. S. Land evaluation and landscape science. *In: ITC Textbook of photo-interpretation*. Enschede, 1979.

