



Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha em Formosa-GO

Olavo Amancio de Oliveira¹, Amom Chrystian de Oliveira Teixeira², Valdir Adilson Steinke³

1. Doutor em Geografia. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Universidade de Brasília. e-mail: olavotop@gmail.com. ORCID 0000-0003-0304-2700. 2. Doutor em Geografia, professor da Universidade Estadual de Goiás – Campus Nordeste, Formosa. e-mail: amonteixeira@gmail.com. ORCID 0000-0001-7375-7432. 3. Doutor em Ecologia, professor do Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. e-mail: valdirsteinke@gmail.com. ORCID 0000-0002-8738-6975.

Artigo recebido em 03/03/2023 e aceito em 15/11/2023

RESUMO

Os estudos integrados dos sistemas ambientais e dos processos antropogênicos no âmbito das bacias hidrográficas tem facilitado a compreensão dos efeitos dos avanços da ocupação antrópica frente à dinâmica das paisagens. Sob este prisma o presente estudo objetivou compreender a espacialização das áreas de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB), localizada no município de Formosa-GO, a partir do uso das geotecnologias, da integração entre os dados geoambientais e do referencial teórico dos estudos integrados da paisagem. A pesquisa apontou que na BHCB distribuem-se áreas de fragilidades ambiental, baixa, média e alta, ocupando respectivamente 32,65%, 50,43% e 16,92% da sua área total. A fragilidade natural é maior nos trechos da zona de erosão recuante, naturalmente mais susceptíveis aos processos morfogenéticos, mas a pressão antrópica eleva a fragilidade ambiental, nas áreas menos movimentadas e de solos mais profundos.

Palavras-chave: Paisagem. Análise integrada. Geotecnologias.

Mapping of the Environmental Fragility of the Watershed of the Bandeirinha Stream in Formosa-GO – Brazil

ABSTRACT

Integrated studies of environmental systems and anthropogenic processes of river basins have facilitated the understanding of advances in human occupation and its effects on the landscape. It is through this lens that this study aims to understand the spatialization of vulnerable environmental areas in the Bandeirinha Stream Basin (BHCB), located in the municipality of Formosa-GO, by using geotechnologies, the integration between geoenvironmental data, and the theoretical framework integrated landscape studies. The research showed that BHCB contains environmental areas of low, medium and high vulnerability, amounting to percentages of 32.65%, 50.43% and 16.92% of its total area, respectively. The natural vulnerability is greater in stretches of the receding erosion zone, which are naturally more susceptible to morphogenetic processes; however, the anthropic pressure increases environmental vulnerability in the areas with less movement and deeper soils.

Keywords: Landscape. Integrated Analysis. Geotechnology.

Introdução

A paisagem é um sistema dinâmico e complexo, expressão tanto da interação entre seus elementos quanto de sua inserção no sistema Terra (Guerra & Silva, 2022). Conforme Bertrand (2004), a paisagem é uma entidade resultante da combinação dinâmica e, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos. Esses elementos, interagindo uns com os outros, tornam a paisagem um conjunto único, indissociável e em constante evolução (Sabota, 2023). Nesse contexto, a ação social emerge como uma força significativa na produção da paisagem, destacando-se dos demais elementos pela intencionalidade e pela

capacidade reflexiva sobre a própria ação (Cavalcanti, 2014).

Embora a capacidade de refletir sobre as ações permita às sociedades humanas mitigar os impactos ambientais negativos, frequentemente os limites críticos da paisagem, inerentes à sua organização, dinâmica, totalidade e complexidade, são desconsiderados pelos processos antrópicos, levando à degradação ambiental (Santos et al. 2021). Uma das hipóteses apontadas está vinculada ao aumento das capacidades de apropriação e transformação do espaço ao longo da história humana, que se apresentou em descompasso com o desenvolvimento de uma consciência ambiental

capaz de considerar as limitações do ambiente de vida (Santos, 2007).

A paisagem é um sistema dinâmico e complexo, expressão tanto da interação entre os elementos quanto de sua inserção no sistema Terra. Segundo Bertrand (2004) a paisagem é uma entidade resultante da combinação dinâmica, e, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único, indissociável e em perpétua evolução (Gonçalves et al. 2023). Neste sentido, a ação social é também produtora da paisagem, se diferenciando dos demais elementos da paisagem pela intencionalidade e capacidade reflexiva sobre a própria ação (Cavalcanti, 2014).

Embora a capacidade de refletir as ações permita às sociedades humanas mitigar os impactos ambientais negativos, não raramente os limites críticos da paisagem, intrínsecos à sua organização, dinâmica, totalidade e complexidade, são desconsiderados pelos processos antrópicos levando à degradação ambiental (Xavier, 2021). Uma das hipóteses apontadas está vinculada ao aumento das capacidades de apropriação e transformação do espaço desenvolvido ao longo da história humana, que apresentou-se em descompasso com o desenvolvimento de uma consciência ambiental que considere as limitações do seu ambiente de vida (Santos, 2007).

As ações antrópicas provocam as alterações na paisagem, substituindo as áreas naturais por diferentes tipos de uso da terra, fragmentando os remanescentes florestais, reduzindo a biodiversidade, comprometendo a qualidade e disponibilidade dos recursos naturais e colocando em risco o equilíbrio do sistema ambiental local e regional (Oberling et al. 2013).

Esse cenário não é diferente no Domínio Morfoclimático dos Cerrados, um dos hotspots mundiais e bioma estratégico para o país pelo seu alto grau de endemismo, por fornecer serviços ecossistêmicos, por abranger as cabeceiras de drenagem das três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul e pelo grau de ameaça e degradação a que está sujeito, tendo perdido quase metade de sua cobertura vegetal original, substituída por áreas destinadas à produção de grãos e carne (Faleiro e Farias Neto, 2008; Klink e Machado, 2005; Strassburg et al. 2017).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB), localizada em Formosa-GO, é um exemplo de paisagem típica do Cerrado que foi alterada pela expansão das atividades antrópicas e onde surgem os mais diversos tipos de problemas socioambientais atrelados à degradação, tais como os conflitos nos usos do solo, a expansão urbana

em direção às áreas inapropriadas e a ocupação das nascentes pela agropecuária (Oliveira et al. 2020; Oliveira et al., 2023).

Sobre a Bacia Hidrográfica (BH), este é um conceito que tem sido cada vez mais difundido e utilizado como unidade de gestão de paisagem. Nesse contexto, a perspectiva, antes puramente hidrológica, foi ampliada passando a incluir também os aspectos biofísicos da BH, os padrões de uso da terra e suas implicações ambientais e, mais tarde, se tornando unidade de gerenciamento territorial, incorporada à legislação de diversos países, entre os quais o Brasil (Pires, 2012). Assim, os estudos relacionados às bacias hidrográficas auxiliam na compreensão e no entendimento com maior clareza da influência mútua entre os elementos e os processos que atuam na organização da paisagem (Menezes et al. 2014; Gonçalves et al. 2023). As bacias hidrográficas são, desta forma, uma unidade privilegiada para a compreensão da dinâmica das paisagens (Fernandes et al. 2022).

Neste processo, os estudos integrados e a avaliação sistêmica contribuem para a compreensão da dinâmica funcional do ambiente natural e suas relações com as sociedades humanas, orientando a harmonização entre a capacidade do sistema e o uso racional dos recursos naturais (ROSS, 1994). Permitem, desta forma, a compreensão da dinâmica ambiental com as relações humanas, interconectando os componentes ambientais do meio físico para melhor compreender as relações da sociedade-natureza (Mateo Rodriguez & Silva, 2007; Pinheiro, 2023).

Ainda que a concepção de uma relação sociedade-natureza esteja consolidada na literatura científica, é importante destacar que se trata, em análise mais profunda, da relação estabelecida entre as paisagens originais e o advento dos processos antrópicos, em um contexto espaço-temporal geo-histórico, ou seja, o estudo aqui elencado, refere-se à avaliação da transformação da paisagem no espaço e no tempo pela ação transformadora da sociedade e / ou do homem. No estudo das paisagens os Sistemas de Informação Geográfica – SIGs – são instrumentos metodológicos importantes, pois permitem agilidade no cruzamento de grande quantidade de dados e informações (Neves Monteiro, 2022). Deste modo, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação detalhada da transformação da paisagem na Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB), localizada em Formosa-GO, considerando o contexto espaço-temporal geo-histórico. O foco está na análise da interação entre as paisagens originais e os impactos dos processos antrópicos. Utilizando Sistemas de Informação

Geográfica (SIGs) como ferramentas metodológicas, busca-se classificar, mapear e analisar as áreas de fragilidades na BHCB. Este estudo visa contribuir para a compreensão da dinâmica funcional do ambiente natural, suas relações com as sociedades humanas e a promoção de práticas sustentáveis para o uso racional dos recursos naturais na região.

Metodologia

Localização da área de estudo

A área objeto deste estudo foi a Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha, BHCB (Figura 1), uma sub-bacia da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, que possui área de aproximadamente 183 km² de extensão superficial

e se localiza no meridiano central (-45°), fuso (23), entre as coordenadas UTM N-8284826.96 e E-235380.96 e UTM N-8297454.09 e E-247147.25. O trecho mais elevado da BHCB localiza-se entre a Chapada do Rio Maranhão, o Planalto do Distrito Federal e o Planalto do Divisor Rio Preto/Paraná e as áreas mais rebaixadas localizam-se nos domínios das planícies do Vão do Paraná.

O córrego Bandeirinha nasce próximo à divisa do estado de Goiás com o Distrito Federal e em seu trajeto percorre 41,9km, em um relevo marcadamente rugoso, até sua foz no Rio Paraná, em Formosa-GO, município para o qual tem grande importância por ser a principal fonte da água potável captada para abastecer a população urbana (Oliveira et al. 2020).

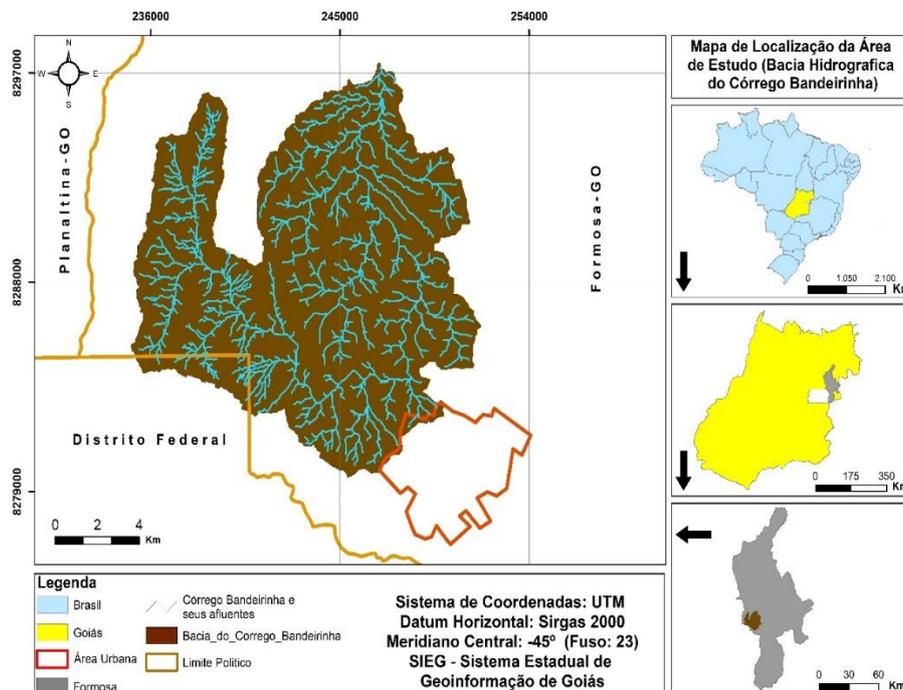


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo

Procedimentos Metodológicos

A delimitação da BHCB, e a rede de drenagem foram extraídos utilizando o modelo ODR_HIDRO, conforme descrito por Oliveira et al. (2020). Esses procedimentos foram realizados no ambiente QGIS 2.18, uma plataforma de código aberto, que processou os dados provenientes da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resultando na obtenção dos atributos geomorfométricos da BHCB. Os mapas pedológico, litológico, geomorfológico e de uso da terra foram compilados no contexto de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Essas representações cartográficas resultam da consolidação de dados obtidos junto ao Sistema

Estadual de Geoinformação de Goiás, fundamentando-se assim nas fontes geoespaciais providas por esse sistema para a elaboração e integração das camadas temáticas (SIEG). Os mapas hipsométrico e de declividade têm origem nos dados TOPODATA que interpola os dados SRTM. O mapa climático foi obtido a partir dos dados de Alvares et al. (2013) e a delimitação das unidades geoambientais foi obtida a partir de Teixeira et al. (2020).

Com base nos mapas de informações ambientais e de uso da terra, procedeu-se à geração dos mapas de fragilidade, os quais foram obtidos por meio da classificação das Fragilidades Natural

(potencial) e Ambiental (emergente). Essa categorização fundamenta-se nas abordagens propostas por Tricart (1977) e Ross (1994). A integração e análise desses mapas foram efetuadas utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), empregando a técnica de cruzamento espacial. As equações (1 e 2) seguintes expressam o modelo matemático adotado para esse processo:

Essa metodologia proporcionou a quantificação e mapeamento das fragilidades potencial e emergente na região em estudo, permitindo uma análise integrada e a identificação

de áreas sensíveis e suscetíveis a pressões ambientais.

(Equação 1)

$$\text{Fragilidade Natural} = \frac{\text{Solos} + \text{Declividade} + \text{Clima}}{3}$$

(Equação 2)

$$\text{Fragilidade Ambiental} = \frac{\text{Frag. Natural} + \text{Uso do Solo}}{3}$$

Estes mapas consideraram as classificações das fragilidades com os limites propostos por Ross (1994) e Spörl e Ross, (2004) expostos no quadro 1:

Quadro 1 – Classificação da fragilidade dos solos encontrada na BHCB.

CLASSE	SOLOS	DECLIVIDADE	PRECIPITAÇÃO	USO DA TERRA
1 (Muito Baixa)	-	0° - 3°	-	-
2 (Baixa)	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo, textura média/ argilosa	3° - 8°	-	Vegetação natural (Cerrado e formação Savânicas)
3 (Média)	-	8 - 20	-	Áreas com pastagens
4 (Alta)	Cambissolos, Háplicos distróficos	20° - 45°	Mal distribuída, cerca de 6 meses de estiagem, alta concentração das chuvas no verão (70 e 80% das chuvas).	-
5 (Muito Alta)	Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico	>45°	-	Áreas com agricultura e área urbanizada

Fonte: Ross (1994); Ross (1995); Spörl e Ross, (2004). Adaptação: Autores, 2020.

Considerando a metodologia proposta no trabalho que, diferente da metodologia original de Ross (1994), incluiu processos algébricos realizados em ambiente SIG, chegou-se a um conjunto de valores decimais entre 1 e 5 para os

mapas da BHCB. Para a manutenção de cinco classes de fragilidade, foi necessário realizar a classificação desses valores segundo os intervalos que podem ser observados no Quadro 2:

Quadro 2 – Classificação da Fragilidade Ambiental.

Fragilidades Natural e Ambiental	Limites
Muito Baixa	1,00 a 1,79
Baixa	1,80 a 2,59
Média	2,60 a 3,39
Alta	3,40 a 4,19
Muito Alta	4,20 a 5,00

Fonte: Ross (1994) e Spörl e Ross, (2004). Adaptação: Autores, 2020.

Resultados e discussão

Caracterização ambiental da área de estudo

Segundo Tricart (1977), a avaliação integrada da paisagem deve incluir etapas sucessivas, tais como a definição do quadro regional, a análise morfodinâmica, os recursos

ecológicos e a gestão territorial. Para Ross (1994), a análise de fragilidade exige estudos dos usos da terra e dos componentes da natureza, tais como o relevo, a geologia e o clima. Nesse sentido, busca-se aqui a caracterização ambiental da área de estudo como subsídio à compreensão das fragilidades da bacia hidrográfica.

A geologia da BHCB é marcada pela exposição de litofácies dos grupos Paranoá, Bambuí e de coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas e depósitos aluvionares mais recentes. O Grupo Bambuí se apresenta pelo Subgrupo Paraopeba, que ocupa parte significativa do médio e do baixo curso da bacia hidrográfica (Figura 2) e é constituído por sequências metassedimentares de idade neoproterozóica, nas quais se desenvolvem rochas metamórficas com pouca resistência à erosão (siltitos, argilitos e calcários) (Pimenta et al. 2015; Oliveira et al 2023).

Fazendo contato com o Bambuí, por falhamentos tectônicos de baixo ângulo, encontra-se o Grupo Paranoá, mais antigo, que cavalgou sobre o Bambuí (Latrubesse et al. 2005). O Grupo Paranoá é constituído por quartzitos, metarenitos, metassiltitos, metargilitos, ritmitos, filitos e ardósias com lentes de calcários, dolomitos, silexitos e conglomerado basal; nos substratos, caracterizam-se por coberturas consolidadas, detríticas e carbonáticas, desenvolvidas respectivamente nos períodos terciário e quaternário e em ambiente marinho, em uma sequência de ciclos transgressivos, intermediários e regressivos (FARIA, 1995; Fernandes et al. 1982).

As unidades das Coberturas Detrítico-lateríticas Ferruginosas e dos Depósitos Aluvionares têm origem cenozoica, são formadas por sedimentações aluviais e se apresentam, dentre outras, sob a forma de conglomerados, areias, argilas, lateritas e cascalhos pouco consolidadas ou inconsolidadas (Latrubesse et al. 2005).

Localizando-se entre a Chapada do Rio Maranhão, o Planalto do Distrito Federal e o Planalto do divisor Rio Preto/Paraná, a BHCB apresenta relevo colinoso e sua queda abrupta de altitude marca o início da formação do Vão do Paraná (Figura 3) (Campos et al. 2013; Oliveira et al. 2020).

O modelado apresenta superfícies planas, entalhadas pela organização das drenagens que compõem a bacia do Córrego Bandeirinha. O contato com a Chapada do Alto Maranhão (Planalto Central Goiano) acontece por meio de uma escarpa de falha, onde são visíveis as facetas triangulares. A bacia apresenta desnível considerável com a elevação abrupta que ocorre entre a foz, localizada a 608 metros acima do nível do mar, e as cabeceiras na Serra Geral do Paraná, que ultrapassam as cotas de 1.200 metros (Figura 2). Nessa área, destacam-se duas grandes formações geomorfológicas: as Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA) e a Zona de Erosão Recuante (ZER) (Figura 2).

As Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA), as unidades mais representativas da geomorfologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal, são áreas denudacionais, formadas pelo arrasamento e aplainamento de formas pretéritas, relativamente independentes de controles geológicos regionais (Figura 2), localizados dentro da região geomorfológica do Vão do Paraná (Latrubesse & Carvalho, 2006).

Na Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha, essa unidade – as Superfícies Regionais de Aplainamento (SRA) – ocorre tanto nos trechos mais baixos, entre as cotas de 600 e 700m, quanto nos mais altos, acima dos 900m, e separando essas áreas encontra-se a Zona de Erosão Recuante (ZER), uma faixa transicional com padrão forte de dissecação e relevos mais irregulares e movimentados (Figura 2).

Quanto à pluviosidade, de acordo com dados do INMET, o município de Formosa-GO apresenta uma precipitação média de 1.465 mm anuais, concentrada entre os meses de outubro a março (primavera e verão), enquanto nos meses de estiagem as precipitações podem ficar abaixo dos 10 mm mensais.

Sobre os solos, na área da bacia hidrográfica a interação entre os fatores pedogenéticos constituiu as três classes de solos quimicamente pobres predominantes: os Latossolos, solos profundos e maduros e os Cambissolos e Neossolos que possuem profundidade reduzida (Figura 2).

Os Latossolos da BHCB são solos com profundidades superiores a 2 metros, de aspecto maciço, macios quando secos e muito friáveis quando úmidos. Na BHCB, são encontrados no médio curso do Bandeirinha, na área imediatamente anterior à ZER e nas proximidades da desembocadura, desenvolvidos sobre pacotes sedimentares detrítico-lateríticos de idade cenozoica (Figura 2). Por suas características os Latossolos são suscetíveis à erosão quando ocorrem junto aos cursos d'água e nas bordas das chapadas (Lepsch, 2016).

Os Cambissolos são os solos mais frequentes e bem distribuídos da BHCB. São solos jovens, bem drenados, álicos, pouco profundos e que caracterizam-se pelo horizonte diagnóstico B incipiente. Na BHCB sua origem é sedimentar e guarda relação com as declividades dos terrenos. Os Neossolos são solos poucos evoluídos, não hidromórficos, com horizonte B ausente, constituídos por material mineral ou orgânico e geralmente possuem menos de 20 cm de espessura (EMBRAPA, 2013). Ocorrem em amplas áreas da BHCB associados a relevos movimentados e às declividades mais acentuadas.

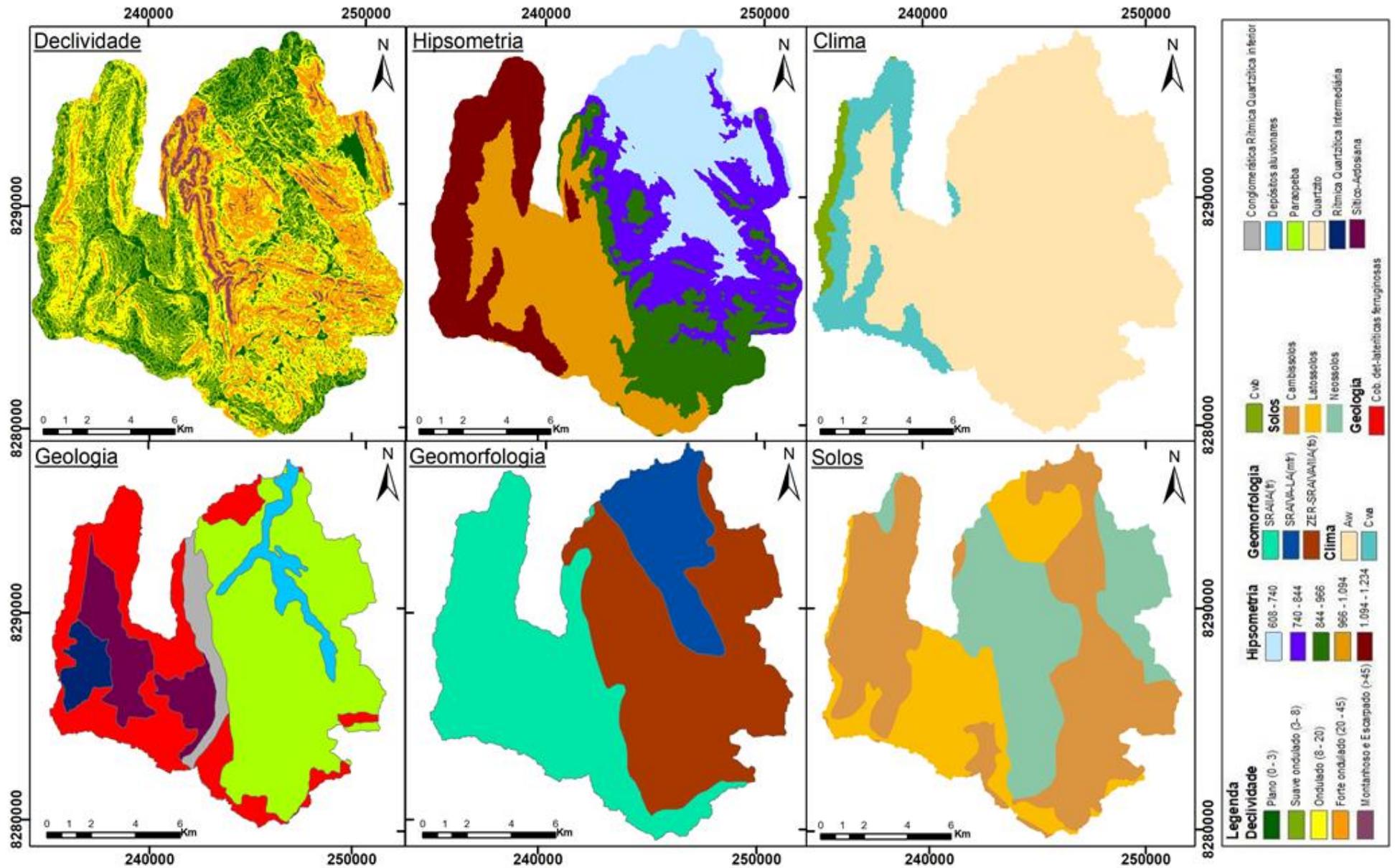


Figura 2 - Mapa dos aspectos físicos da área de estudo. Fonte dos Dados: SIEG



Figura 3 - Borda da Superfície Regional de Aplainamento no contexto do Vão do Paranã.

Uso e cobertura do solo

A vegetação exerce papel essencial para a proteção dos solos, da água e da paisagem natural, tendo em vista que intercepta grande parte da precipitação, regula o balanço hídrico e o escoamento superficial, evitando a erosão do solo, o escorregamento e o deslizamento nas encostas mais íngremes (Zebalos et al. 2022). Originalmente, a paisagem da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha era constituída por formações vegetais savânicas, distribuídas por cerrado ralo, cerrado típico, matas ciliares e de galerias (Mendonça et al. 2020; Oliveira et al. 2023).

Com o advento do agronegócio e a abertura de novas fronteiras agrícolas, na Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha, a dinâmica de uso não foi diferente das demais partes do estado de Goiás. As características edafoclimáticas da bacia hidrográfica, adequadas para o cultivo de grãos e para a pecuária extensiva, aliadas a uma série de políticas públicas de fomento, à ocupação do Cerrado pela agropecuária, acarretaram a modificação da paisagem local, convertendo os sistemas naturais em áreas onde a influência antrópica é marcante (Figuras 4 e 5). Há uma divisão clara entre as áreas de uso da terra: nos trechos mais elevados da BH predominam as

áreas agrícolas e nos trechos mais baixos, principalmente no vale fluvial, encontram-se as áreas de pastoreio. As áreas de Cerrado hoje estão restritas às partes menos próprias ao desenvolvimento da agropecuária, excessivamente declivosas e com forte presença dos Neossolos (Figuras 4 e 5).

Este padrão de uso do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha é oriundo do processo histórico de ocupação do Cerrado pela pecuária extensiva, que foi alavancado em Formosa-GO pelo clima favorável e pela proximidade com a capital federal do país (Pires et al. 2002). Isto é, em decorrência da divisão do trabalho, na qual Formosa-GO assume o papel de fornecedora de carne para os municípios circunvizinhos e para o Distrito Federal e seu entorno, demandam-se grandes áreas de pastagens para o apascentamento de bovinos (Oliveira et al. 2018). Já a expansão da monocultura de soja e outros grãos no município, que ocorre com a instalação de diversas empresas agroindustriais, é produto dos processos de modernização conservadora do campo brasileiro e de territorialização do Cerrado pelo agronegócio (Teixeira et al. 2020)



Figura 4 - APP da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha ocupada por pastagens

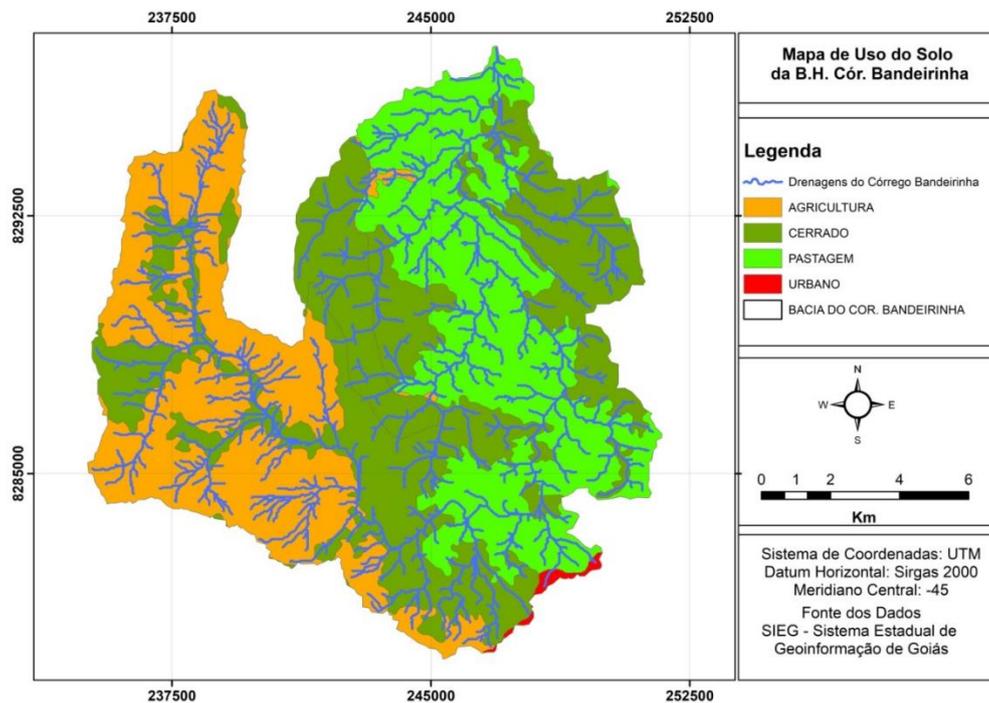


Figura 5 - Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha

A implantação das áreas de lavouras e pastagens na bacia hidrográfica do Córrego Bandeirinha reduziu em mais da metade a vegetação nativa do Cerrado. Do montante original, mais de 180 km², restam atualmente um pouco mais de 74 km² (Figura 5 e Tabela 1), sendo o restante convertido em áreas ocupadas por gramíneas, principalmente do gênero *brachiaria* e espécies

agrícolas como o feijão, a soja, o milho e o sorgo. As transformações da paisagem local, que foi substituída em quase 60% da área da bacia por coberturas de origem antrópica – áreas pastoris (30%), agrícolas (28%) e urbanas (0,4%) (Tabela 1) – ocasionaram mudanças na dinâmica destes ambientes.

Tabela 1 - Classes de uso e ocupação do solo mapeado na Bacia do Córrego Bandeirinha.

Classe de uso e ocupação do solo	Área (Km ²)	%
Área Agrícola	52,02	28,43
Pastagem	55,32	30,24
Área urbana	0,74	0,40
Vegetação Nativa	74,88	40,93
TOTAL	182,96	100,00

Fragilidade da bacia hidrográfica do Córrego Bandeirinha

Na Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB), as influências das intempéries ao longo de sua geohistória exerceram um papel crucial na configuração de sua constituição geológica, abrangendo tanto aspectos estruturais quanto litológicos. Este processo resultou na compartimentação da bacia em unidades geomorfológicas, cujas dinâmicas de matéria e energia reverberaram nos arranjos da relação morfogênese/pedogênese, ocasionando uma diferenciação significativa nos ambientes da BHCB.

A análise desses arranjos, conforme descrito por Teixeira et al. (2020), culminou na identificação de três distintas unidades geoambientais na região da BHCB, a saber: I) Superfície de Aplainamento Elevada; II) Superfície de Aplainamento do Vão do Paranã; e III) Zona de Erosão Recuante (conforme Figura 6). Essa classificação proporciona uma compreensão mais aprofundada das características geológicas e geomorfológicas específicas da bacia, contribuindo para uma contextualização mais precisa na caracterização ambiental empreendida neste estudo.

A classe de Fragilidade (Muito Baixa) não foi identificada na presente análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB). Em contrapartida, as menores Fragilidades Naturais (Baixa) abrangem uma área de 39,86 km² (conforme Tabela 2 e Figura 6). Essas áreas estão localizadas em trechos da bacia onde os Latossolos, por sua profundidade e menor suscetibilidade à erosão, ocupam posições na paisagem caracterizadas por declividades reduzidas. Essa configuração permite uma resistência mais eficaz ao potencial erosivo das chuvas intensas e concentradas que frequentemente ocorrem na bacia hidrográfica.

Essas condições são particularmente observadas nas duas unidades geoambientais denominadas Superfície de Aplainamento (I e II), onde a dinâmica predominante favorece os

processos pedogenéticos em detrimento da morfogênese. Conforme a classificação de Tricart (1977), essas áreas se caracterizam como ambientes estáveis, nos quais os potenciais pedogenéticos têm uma influência predominante sobre a evolução da paisagem. Este entendimento contribui para a interpretação da distribuição espacial das fragilidades na BHCB, destacando a importância das características pedológicas e geomorfológicas na avaliação da resistência dos ambientes às forças erosivas.

As maiores fragilidades (Alta) ocorrem em uma área relativamente extensa (30,7 km²) (Tabela 2 e Figura 6) pela conjunção do clima que concentra as precipitações em poucos meses do ano, ultrapassando médias de 250 mm mensais em dezembro e janeiro; dos solos extremamente frágeis e pouco profundos, principalmente os Neossolos de origem sedimentar e; dos relevos declivosos, que podem chegar a escarpados. As áreas com essa classe de fragilidade concentram-se quase totalmente na unidade geoambiental Zona de Erosão Recuante (III), na qual há tendências naturais aos processos morfogenéticos, à erosão, aos movimentos de massas e à rápida evolução das vertentes em detrimento da pedogênese.

Separando as áreas de fragilidade natural alta e muito baixa frequentemente são encontradas áreas de fragilidades naturais médias, que, juntas, se constituem na unidade que ocupa a maior extensão superficial, ou seja, mais de 60% da área da BHCB, e a mais bem distribuída, ocorrendo nas três unidades geoambientais (I, II e III). Tendem a um comportamento descrito por Tricart (1977) como intergrade e ocorre nos trechos onde a dissecação do relevo e consequentes deposições de sedimentos estabelecem uma transição; por uma combinação do alto potencial erosivo das chuvas nessa BH, encontram-se com os solos mais jovens e relevos planos a ondulados.

Sendo uma transição entre as áreas de maior fragilidade e menor fragilidade, elas são resultado de sistemas mais complexos que as vizinhas, nos quais não são geradas as condições de dissecação moderada do relevo e evolução lenta das vertentes, nem os comportamentos de compensação e autorregulação que impedem a morfogênese de atuar (Tricart, 1977).

Os usos da terra, em especial no que se refere à cobertura vegetal, podem diminuir ou ampliar a fragilidade de um ambiente. As características da cobertura vegetal afetam: (a) as taxas de interceptação e a energia cinética da gota de chuva que chega ao solo, refletindo-se nos processos erosivos por salpicamento (Machado & TorreS, 2012; Souza & Vieira, 2023); (b) a participação nos processos de evapotranspiração, infiltração e escoamentos, regulando os quantitativos e as velocidades da água que participam dos processos dos escoamentos e; (c) a fixação do solo e proteção

contra a erosão pela atuação das raízes, troncos e galhos.

O geossistema é um sistema natural que se relaciona com os sistemas sociais (Sotchava, 1977; Rodriguez et al. 2022). A metodologia proposta por Ross (1994) aninha-se a esse princípio, tanto por materializar-se na análise das conexões entre os elementos da paisagem, quanto por estabelecer a fragilidade natural a partir do potencial ecológico e exploração biológica – relevo, clima, solos – e então a fragilidade ambiental, a partir da análise de como a ação antrópica reorganiza os sistemas da BH. Na BHCB a combinação das fragilidades naturais com a dinâmica imposta pelas alterações no uso da terra reflete-se na emergência de áreas de Fragilidades Ambientais Baixa, Média e Alta (Figura 6, Tabela 2). Nesta BH a classe de fragilidade com maior extensão é a Média, ocupando 92,26 Km², seguida das áreas de baixa fragilidade que perfazem 59,74 Km² e de alta fragilidade que ocupam 30,96 Km² (Tabela 2).

Tabela 2 - Fragilidades Natural e Ambiental da BHCB

Classes	Fragilidade Natural		Fragilidade Ambiental	
	Área (Km ²)	% da BH	Área (Km ²)	% da BH
Muito Baixa	0	0	0	0
Baixa	39,86	21,79	59,74	32,65
Média	112,40	61,43	92,26	50,43
Alta	30,70	16,78	30,96	16,92
Muito Alta	0	0	0	0
TOTAL	182,96	100,00	182,96	100,00

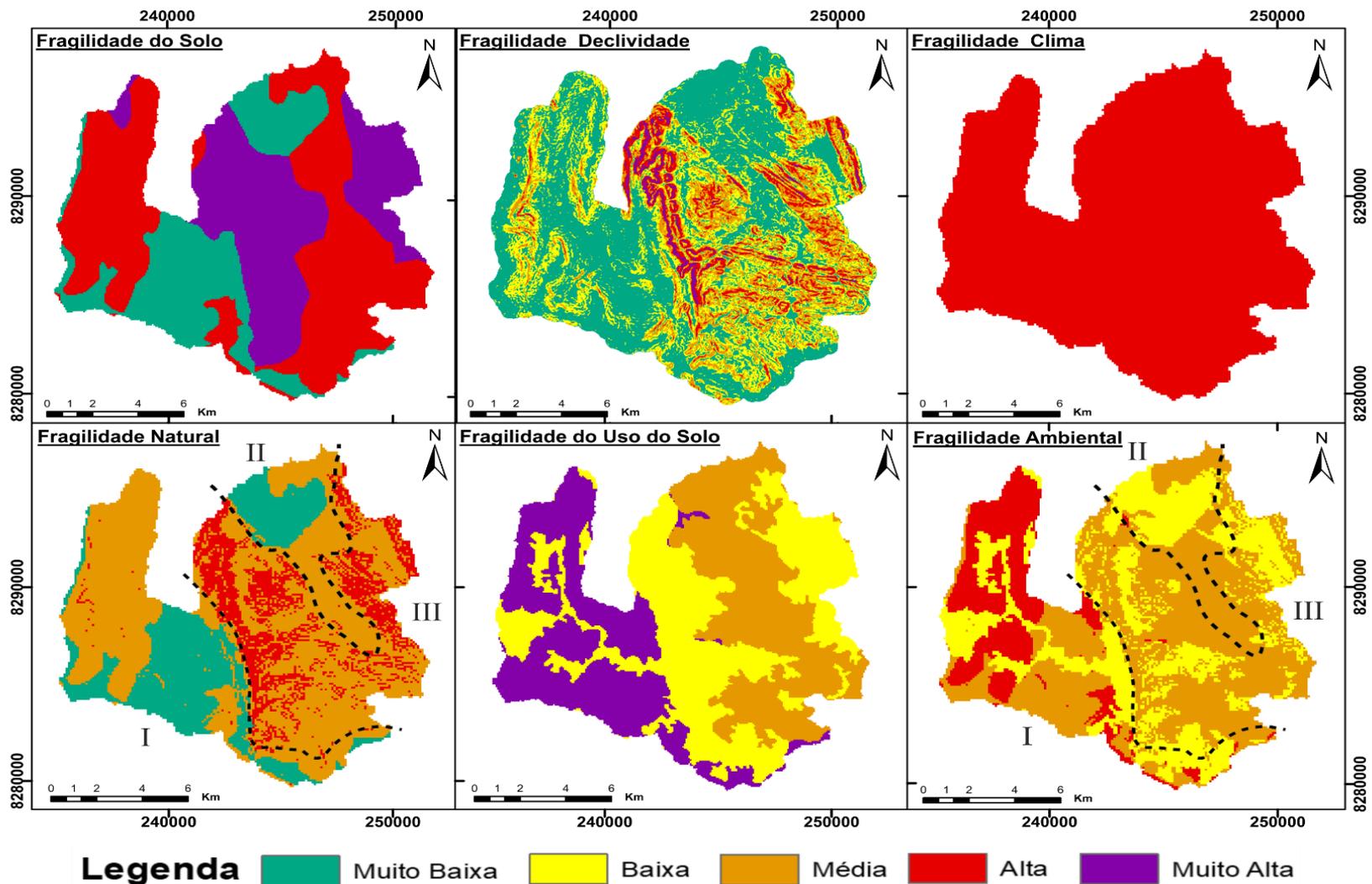


Figura 6 - Mapa representativo da Fragilidade da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha

As fragilidades ambientais estão intrinsecamente relacionadas à maneira como os processos de apropriação do espaço por ações antrópicas provocam alterações nos equilíbrios naturais, especificamente ao equacionar a relação entre a morfogênese e a pedogênese (Vidal et al. 2022). Essas fragilidades tornam-se evidentes quando as atividades humanas não são gerenciadas de maneira sustentável, resultando em impactos significativos na dinâmica e estabilidade dos ecossistemas (Ballarin et al. 2023), inclusive com o desenvolvimento de riscos como ocorreu em bacias hidrográficas vizinhas (Silva et al. 2021). A introdução de modificações nas totalidades, estabelecidas ao longo do tempo geo-histórico, em muitos casos em níveis muito além de seu limite crítico, provocam mudanças nos sistemas que transitam entre a estabilidade e a forte instabilidade. Isso tem sido identificado em diversos trabalhos (Machado & Torres, 2012) que mostram que as alterações antrópicas podem causar

perdas de solo, centenas (para as pastagens) ou mesmo milhares de vezes (para a agricultura) maiores que as perdas das matas originais (Carvalho Neto, 2021).

Os resultados apresentados na figura 6 corroboram e refinam as conclusões apresentadas por Teixeira et al. (2020) para a área de estudo da BHCB, no entanto apresentam divergências referentes aos cálculos de Vulnerabilidade obtidos por Mendonça et al. (2020) (Tabela 3). O trabalho de Mendonça et al. (2020) tendeu a superestimar a classe de vulnerabilidade alta, quando comparado aos cálculos de fragilidade (Tabela 3), tal como aconteceu em trabalhos de outras partes do país onde são comparadas as duas metodologias (Gomes, 2013; Spörl & Ross, 2004; Spörl et al. 2011; Santos & Sobreira, 2008;). Isso pode ser atribuído tanto às diferenças nas atribuições de pesos quanto à metodologia de cálculo de vulnerabilidade que subestima os efeitos da cobertura da terra.

Tabela 3 – Comparação entre Fragilidade ambiental e Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha.

Classes	Fragilidade Ambiental	Vulnerabilidade Ambiental (MENDONÇA et al. 2020)
Muito baixa	0,00%	2,22%
Baixa	32,65%	10,63%
Média	50,43%	57,61%
Alta	16,92%	29,54%
Muito alta	0,00%	0,01%
Total	100,00%	100,00%

Quanto à Fragilidade Ambiental, na BHCB, na Superfície de Aplainamento Elevada (I), a proteção da vegetação do Cerrado deu lugar a monoculturas, principalmente de leguminosas, provocando a desestabilização no equilíbrio dinâmico e fazendo com que emergjam áreas de fragilidades ambientais mais altas (Média a Alta) em locais que antes eram estáveis ou intergrades (Fragilidades Naturais Baixa a Média) (Figura 6). Essas áreas se tornam sujeitas aos processos erosivos e movimentos de massa, como o voçorocamento que ocorre nas imediações da área urbana de Formosa, no médio curso da BHCB (Figura 7) e em bacias hidrográficas vizinhas como visto em Silva et al. (2021).

Na Superfície de Aplainamento do Vão do Paranã a desestabilização ocorre, ainda que em menor grau, pelo impacto que a implantação das pastagens causou nos sistemas ambientais, diminuindo a estabilidade principalmente nas proximidades da foz do Córrego Bandeirinha. Tal

efeito já havia sido descrito em Teixeira et al. (2020) e Mendonça et al. (2020), que identificaram na Superfície de Aplainamento do Vão do Paranã um ambiente estável, mas que se torna mais vulnerável aos processos erosivos devido ao uso com pastagens. As áreas menos impactadas negativamente pelos usos da terra ocorrem na Unidade Geoambiental Zona de Erosão Recuante.

Nessas áreas a manutenção da vegetação original de Cerrado contribuiu para a melhoria das condições de estabilidade e para a atenuação da fragilidade (Figura 6). A preservação dos subtipos de vegetação de Cerrado nessa unidade, provavelmente ocorreu tanto pela proteção legal imposta pelo Código Florestal (no que diz respeito às APPs), quanto pelas condições ambientais que incluem as declividades acentuadas e os solos pobres e pouco profundos, formados a partir de pacotes sedimentares do Grupo Bambuí.



Figura 7 – (A) Voçoroca da Barroquinha-Formosa-GO (B) Imagem da voçoroca (Google Earth).

Sob este prisma, percebe-se que as mesmas condições geomorfológicas e edafoclimáticas que determinam menores Fragilidades Naturais, também tornam as áreas das Superfícies Regionais de Aplainamento mais receptivas a formas de uso mais impactantes, principalmente a agricultura mecanizada, que instabilizaram os ambientes dessas unidades. Enquanto isso, os processos que determinam as Fragilidades Naturais mais altas na Zona de Erosão Recuante, representam também as condições mais hostis aos principais usos da terra que se estabeleceram na BHCB.

Considerações Finais

A espacialização das fragilidades naturais mostra como a relação entre os diversos elementos da paisagem refletem-se nas dinâmicas da relação da morfogênese e pedogênese da BHCB. A identificação e análise dessa dinâmica permitem estabelecer as limitações de uso da terra, principalmente nas áreas de maior fragilidade natural e menor potencial de uso, na Zona de Erosão Recuante.

Assim pode inferir que ao analisar a espacialização das fragilidades naturais na Bacia Hidrográfica do Córrego Bandeirinha (BHCB), o estudo proporcionou uma compreensão profunda da interação entre os elementos da paisagem e suas implicações nas dinâmicas da morfogênese e pedogênese. Essa análise permitiu a identificação das limitações de uso da terra, especialmente em áreas de maior fragilidade natural e menor potencial de utilização, como na Zona de Erosão Recuante.

O mapeamento da fragilidade ambiental mostra a dinâmica atual e como os sistemas sociais e os usos da terra a eles associados, reorganizam a paisagem, podendo ampliar a fragilidade do ambiente e a dinâmica sedimentar e, com ela, os processos erosivos, os movimentos de massa, o assoreamento e a degradação dos corpos hídricos. Ou seja, o mapeamento da fragilidade ambiental oferece uma análise dinâmica que revela não apenas o estado atual, mas também a evolução ao longo do tempo. Observa-se como os sistemas sociais e os usos da terra associados a eles reorganizam a paisagem, podendo, com o passar do tempo, intensificar a fragilidade ambiental. Essa dinâmica temporal influencia diretamente a evolução da sedimentação, desencadeando processos erosivos, movimentos de massa, assoreamento e, conseqüentemente, a degradação dos corpos hídricos.

Nas áreas das superfícies regionais de aplainamento, as condições edafoclimáticas, aliadas às políticas de ocupação do Cerrado pelas agropecuárias, desestabilizaram o equilíbrio dinâmico dos ambientes, ampliando as fragilidades ambientais. Já na Zona de Erosão Recuante, as condições de relevo e solos, representaram obstáculos ao desenvolvimento das atividades agropecuárias, favorecendo a manutenção de parte da vegetação original de Cerrado, que por sua vez contribuiu para a atenuação da fragilidade ambiental.

Desta forma, percebe-se que os produtos e os resultados gerados no presente estudo, que utilizou métodos e tecnologias de baixo custo, podem subsidiar os tomadores de decisões, orientar

sobre as melhores formas de usos da terra, o manejo dos recursos naturais e a recuperação das áreas degradadas, principalmente nos ambientes em que as fragilidades determinam limitações.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes Gonçalves, J. L., Sparovek, G, 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Ballarin, C. S., Mores, G. J., de Goés, G. A., Fidelis, A., & Cornelissen, T. 2023. Tendências e lacunas no estudo do efeito do fogo nas interações planta-animal em ecossistemas brasileiros. *Austral Ecology*. <https://doi.org/10.1111/aec.13446>
- Bertrand, G. 2004. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. *RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*, n. 8, p. 141-152, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/19800827822012269>.
- Campos, S., Silva, C. O. D., Garcia, Y. M. 2013. Avaliação morfométrica da microbacia do Ribeirão Benfica-Piquete (SP). *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 8, n. 2, p. 407-421, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/19800827822012269>.
- Carvalho Neto, L. M. 2021. Uso e Ocupação do solo da Área de preservação permanente (APP) da microbacia do Córrego Barreiro, Uberaba (Minas Gerais). *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 1(2).
- Cavalcanti, L. C. S. 2014. Cartografia de paisagens: fundamentos. São Paulo: Oficina de textos,
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Faleiro, F. G., Farias Neto, A. L. 2008. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados.
- Faria, A., 1995. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João d'Aliança – Alto Paraíso de Goiás. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociência, Universidade de Brasília, Brasília, 1995.
- Fernandes, C. F., de Mello César, L. P., & Sant'Anna, C. G. (2022). Cerrado Resiliente: planejando a paisagem com Soluções Baseadas na Natureza (SbN). *Revista LABVERDE*, 12(1), 68-99. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.labverde.2022.189363>.
- Fernandes, P. E. C. A., Montes, M. L., Braz, E. R. C., Montes, A. S. L., Silva, L. L., Oliveira, F. L. L., Ghignone, J. I., Siga JR, O., Castro, H. E. F. *Geologia*. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.23 Brasília: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1977. cap.1, p.25-204. (Levantamento de Recursos Naturais, 29).
- Gomes, R. L. 2013. Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada. *Boletim de Geografia*, v. 31, n. 3, p. 41-53, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v31i3.18650>.
- Gonçalves, D. L., Barbosa, L. G., & dos Passos, M. M. 2023. A Geografia Física Global Na Perspectiva De Georges Bertrand: Do Sistema Gtp (Geossistema-Território-Paisagem) Ao Spt (Sistema Paisagem Territorializada). *REVISTA GEONORTE*, 14(45).DOI: 10.21170/geonorte.2023.V.13.N.45.215.237.
- Gonçalves, T. S., Mendonça Filho, C. V., & Silva, A. C. (2023). Deposição de serrapilheira em Capões de Mata associados a turfeiras na Serra do Espinhaço Meridional-Parque Estadual do Rio Preto, MG. *Terr@ Plural*, 17, 1-15. DOI: <http://10.5212/TerraPlural.v.17.2321063.001>.
- Guerra, F. S., & Silva, E. V. (2022). Geocologia de Paisagens e Educação Ambiental Aplicada: Fundamentos para o Planejamento e a Gestão Ambiental. *Terr@ Plural*, 16, 1-24. DOI: <https://doi.org/10.5212/TerraPlural.v.16.2220512.030>.
- Klink, C. A. 2005, Machado, R B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Mega diversidade*, 1, 147-155.
- Latrubesse, E. M., Carvalho, T. M., STEVAUX, J. C. 2005. Mapa geomorfológico do Estado de Goiás: Relatório final. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração.
- Latrubesse, E., Carvalho, T. M., 2006. Geomorfologia de Goiás e Distrito Federal. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração.
- Lepsch, I. F., 2016. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de textos.
- Machado, P. J. O., Torres, F. T. P. 2012. Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning.
- Mateo Rodriguez, J. M., Silva, E. V. (2007). La geocología del paisaje, como fundamento

- para el análisis ambiental. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, 1(1). Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view>.
- Mendonça, A. F., Teixeira, T. M. A., de Oliveira., Oliveira, O. A., Teixeira, A. C. O. 2020. Mapeamento da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Bandeirinha em Formosa-GO. *Geoambiente On-line*, n. 36, p. 19-42, DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.vi36.59567>.
- Menezes, J. P. C., Franco, C. S., DE Oliveira, L. F. C., Bittencourt, R. P., Farias, M. S., FIA, R. 2014. Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma micro bacia urbana. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 4, DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.597>
- Neves Monteiro, F., & dos Santos Falcão, K. 2022. Fragilidade Ambiental Associada a Mudança do Uso e Ocupação do Solo. *Revista Geoaraguaia*, 12(2), 16-30. URL:<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/12755/11659>.
- Oberling, D. F., LA Rovere, E. L., Silva, H. V. O. 2013. SEA making inroads in land-use planning in Brazil: The case of the Extreme South of Bahia with forestry and biofuels. *Land Use Policy*, v. 35, p. 341-358, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.012>.
- Oliveira, O. A. D., Bias, E. D. S., & Steinke, V. A. 2023. Drainage Network Planning and Analysis Based on Image Segmentation-an Application in the Bandeirinha Stream-Formosa, State of Goiás, Brazil. *Sociedade & Natureza*, 35, e68560. DOI: <http://10.14393/SN-v35-2023-68560>.
- Oliveira, O. A., Bias, E. S., Steinke, V. A., Sousa, R. B., Passo, D. P., Baptista, G. M. M., Pereira Filho, W. 2020. Análise de técnicas de segmentação para melhoria na obtenção de dados geomorfométricos com base em ferramentas open source. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, p. 797-820, DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1658>.
- Oliveira, O. A., Teixeira, T. M. A., Passo, D. P. 2018. Mapeamento dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente dos rios que contribuem para o barramento do rio Paranã, Formosa-GO. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 38, n. 3, p. 491-515, DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v38i3.56348>.
- Pimenta, S. M., Boaventura, G. R., Peña, A. P., Ribeira, T.G. 2016. Study of water quality using benthic biological indicators in rural and urban streams. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 11, n. 1, p. 198-210, DOI: <http://ambiagua.net/seer/index.php/ambiagua/article/view/1672>. doi:10.4136/ambiagua.1672.
- Pimenta, S. M., Boaventura, G. R., Ribeiro, T. G., Peña, A. P., 2015. Estudo dos sedimentos da corrente em drenagens inseridas na área rural e na área urbana do município de Formosa-GO. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 9, n. 2, p. 87. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/1981-8858.13>.
- Pinheiro, J. M. 2023. A CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. *Caderno de Geografia*, 33(73). DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2023v33n73p588>
- Pires, C. D. S. J. As alterações do Código Florestal Brasileiro e as consequências sobre as áreas de reservas legais do município de Formosa-GO. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- Pires, J. S. R., Santos, J. E., Del Prette, M. E. 2002. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: Schiavetti, A., CamargO, A. F. M. *Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus: Editus, p. 17-35.
- QGIS; Development Team 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- Rodriguez, J. M. M., Silva, E. V. D., & Cavalcanti, A. D. P. B. 2022. Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental. *Imprensa Universitária*.
- Ross, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 9, p. 65-75, 1995.
- Ross, J. L. S, 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, 63-74, DOI: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.
- Sabota, H. S. 2023. A Geografia no Museu: proposta teórico-metodológica de ensino do conceito de Paisagem. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, 13(23), 05-24. DOI: <https://doi.org/10.46789/edugeo.v13i23.1235>.

- Santos, C. A., Sobreira, F. G. 2008 Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial : o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 9, n. 1, p. 65-73. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v9i1.102>.
- Santos, P. S., dos Santos, M. E. D. G., & dos Santos, R. 2022. Uso e ocupação do solo: reflexão sobre impacto ambiental. *AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES*, 7(1), 10-10. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v7i1.5208>.
- Santos, R. F (Org). *Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Brasília: MMA, 2007.
- Silva, L. S.; Teixeira, A. C. O.; Teixeira, T. M. A.; Oliveira, E. S. Riscos ambientais na bacia hidrográfica do córrego Josefa Gomes. In: Faria, K. M. S.; Trindade, S. P. Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas. Goiânia : C&A Alfa Comunicação, 2021.
- Sotchava, V. B. O 1977. estudo dos geossistemas. Métodos em Questão. São Paulo.
- Souza, P. A., & Vieira, E. M. V. M. 2023. Delimitação do potencial erosivo em áreas urbanas, estudo de caso da ocupação vitória, Belo Horizonte-MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1450-1465. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.3.p1450-1465>.
- Spörl, C., Ross, J. L. S. 200.. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, 15, 39-49.
- Strassburg, B. B. N., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., Latawiec, A. E., oliveira filho, F. J. B., Scaramuzza, C. A. de M., Scarano, F. R., Soares-Filho, B., 2017. BAlmford, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology e Evolution*, v. 1, n. 4, p. 1-3. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>.
- Teixeira, T. M. A., Teixeira, A. C. O., Ferraz, L. Q. S., Vieira, D. A., 2020 Unidades geoambientais e modificações no uso do solo do município de Formosa-GO. *Revista Geografica Academica*, v. 13, n. 2, p. 48-66. <http://revista.ufr.br/rga/article/view/5715/2745>.
- Tricart, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE. Diretoria Técnica, 1977.
- Vidal, M. R., dos Santos Mascarenhas, A. L., da Silva, E. V., & da Silva Barbosa, E. J. 2022. Geocologia: aportes para uma aproximação taxonômica das unidades de paisagens para a região de Carajás. *Novos Cadernos NAEA*, 25(4).
- Xavier, R. A. 2021. Processos geomorfológicos e evolução da paisagem no semiárido brasileiro. *Revista de Geociências do Nordeste*, 7(1),59-69. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID20692>.
- Zebalos, C. H. D. S., Oliveira, R. F. A., Soares, E. R., Almeida, U. O. D., Melillo, R. C. S., Cavalcante, E. R., & Rezende, J. W. 2022. Análise espaço-temporal da cobertura do solo do Município de Theobroma, Estado de Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 9(21), 407-418. DOI:10.21438/rbgas(2022)092126.